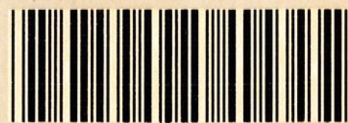
n°128

INRA mensuel
Dossier, automne 2006



L'olivier

histoire et recherches


INRA

Comment résister à l'olivier ?

Un fil qui se déroule, obstiné, c'est l'image de ce dossier : à l'origine, il y a des années, ma demande à Pierre Villemur, chercheur sur l'olivier à Montpellier. Mais des impondérables font que celui-ci part à la retraite sans avoir pu l'écrire. Quelques années passent, de nouveaux chercheurs travaillent sur ce sujet. La culture de l'olivier, la consommation de l'huile d'olive renaissent avec vigueur. Une première porte s'ouvre sur les origines génétiques de l'olivier avec André Bervillé. Le fil est renoué avec Pierre Villemur puis avec Françoise Dosba et de nombreux chercheurs que vous découvrirez en parcourant ce dossier. Un vrai puzzle s'assemble alors avec des thématiques prévues ou imprévues, au hasard des rencontres.

Au contraire de la Symphonie des Adieux où les instruments se taisent les uns après les autres, peu à peu, jusqu'à il y a quelques jours encore, sont entrées dans l'écriture de ce texte une multitude de facettes nouvelles, étudiées par des équipes INRA : panier de biens, huile d'olive dans l'alimentation humaine, lutte biologique, culture *in vitro*, sensibilité au froid, prévention de l'ostéoporose, extraction des sous-produits de l'huile d'un antioxydant puissant, l'hydroxytyrosol, les noms de l'olivier... Des partenaires extérieurs, scientifiques et professionnels, ont eu la gentillesse de rédiger des chapitres : traitement des déchets, source d'énergie, changement climatique...

Des textes en Résonances, découverts au hasard d'une émission, parcourent le dossier. Magie de cet arbre ? Moments heureux de rassembler toutes ces facettes à vous faire partager. Les images des chercheurs et des photographes montrent aussi combien cet arbre est d'ombre et de lumière auxquelles répondent les violets de Van Gogh.

C'est ce trésor improbable, amassé depuis les années 1990, qu'offre ce recueil, grâce à chacun de ses auteurs.

Denise Grail

Sommaire

L'olivier

histoire et recherches

Depuis des millénaires, l'olivier est cultivé dans le Bassin méditerranéen, en particulier dans le sud de la France. À des périodes de développement et d'extension de sa culture ont succédé des récessions liées souvent à des hivers très froids, comme en 1956, qui détruisaient ou endommageaient les plantations.

Actuellement, sa culture et sa production sont en pleine expansion. L'aide de l'Union européenne, l'organisation des producteurs pour défendre et valoriser leurs produits et les développements en matière de recherche fondamentale et de technologies contribuent largement à cette évolution.

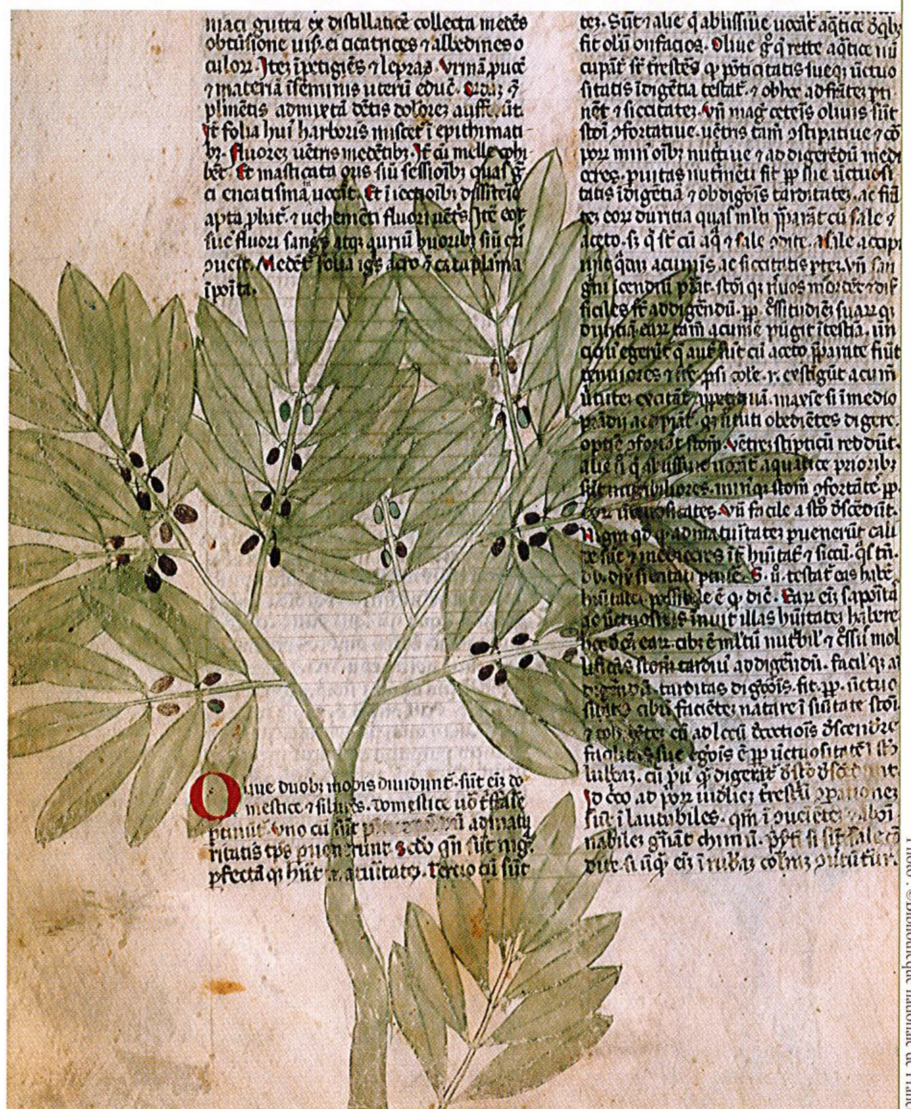


Photo : ©Bibliothèque nationale de France

Manfredus de monte imperiali, de herbis
Moyen Âge (1330-1340 ?)
Manuscrits occidentaux
Latin 6823 - Flore : olivier.

L'olivier dans notre civilisation et notre culture

L'olivier occupe une place ancestrale dans les civilisations méditerranéennes. Bien au-delà, il accompagne les textes fondateurs de notre culture : Bible, Torah, Talmud, Coran, grands textes classiques grecs... Arbre des Dieux, symbole de force, de longévité et de paix, il tend toujours vers la lumière. Il incarne une manière de vivre.





Petri Andrea Matthioli, senensis medici, Venise, Officina Valgrisiana, 1565.

Curieusement son histoire est mal élucidée, peut-être du fait de l'abondance des mythes, des légendes et des contes qui l'évoquent [1].

Un arbre sacré

L'olivier est probablement l'arbre le plus chargé de symboles du Bassin méditerranéen.

La Bible y fait de nombreuses références. La plus connue est la plus ancienne : à la fin du Déluge, Noé lâcha une colombe hors de l'arche et "la colombe revint vers lui vers le soir et voici qu'elle avait dans le bec un rameau tout frais d'olivier. Noé connut ainsi que les eaux avaient diminué sur la terre". (Genèse, 8, 11). L'olivier symbolisait ainsi le retour de la paix entre Dieu et les hommes. Le Mont des Oliviers à Jérusalem est également un lieu symbolique dans l'histoire de Jésus-Christ.

Pour les Hébreux, il symbolise l'alliance conclue entre Dieu et les hommes ; son huile était utilisée dans les consécrations. L'envoyé de Dieu a ainsi été appelé en hébreu *Mashiakh*, que les Grecs ont traduit en *Khristos*. Devenus *Messie* et *Christ*, ces noms signi-

[1] L'huile d'olive sur Internet. Récemment, la vente de l'huile d'olive par Internet a engendré profusion de sites commerciaux présentant autant d'histoires de l'olivier enjolivées ou inventées, et vantant les bienfaits de l'huile d'olive pour la santé. En raison de contrôles encore insuffisants et difficiles, des produits de qualité variable et non garantie sont proposés aux consommateurs avec des profits élevés, exploitant un attrait certain pour l'huile d'olive.

fient tous deux "celui qui a reçu l'onction de l'huile sainte", "l'oint du Seigneur".

L'Église chrétienne allait généraliser l'usage de l'huile à la plupart des sacrements, et les théologiens précisent qu'il s'agit de l'huile d'olive exclusivement, *oleum ex oliva*. Additionné de baume, ce Saint-Chrême accompagne le chrétien du baptême à l'extrême-onction. Ce rôle de consécration a pu s'étendre à la société civile. Comme les rois de France tiraient leur légitimité du baptême de Clovis, leur onction par l'archevêque de Reims constituait l'élément central de leur sacre.

Pour les Grecs, l'olivier cultivé symbolisait l'Âge de la civilisation, par opposition au chêne qui était l'emblème de l'Âge d'Or où les hommes se nourrissaient de glands. Le mot *drupe* montre bien cette filiation, puisqu'il vient de *drus*, qui en grec désigne l'arbre sacré, qui a été le chêne puis l'olivier. L'olive mûre, noire, était appelée *drupepês*, "qui a mûri sur l'arbre", devenu en latin *druppa* ou *drupa*, et qui s'est généralisé au sens de "fruit à noyau", l'olive étant le fruit à noyau par excellence. Du temps de Pline l'Ancien [1], la *drupe* était encore l'olive : "le meilleur moment pour la récolte, conciliant quantité et qualité, est quand l'olive commence à noircir ; on la nomme alors *druppa*".

En Grèce, les oliviers étaient protégés et leur bois, réservé aux statues de culte. Parmi les deux arbres sacrés les plus célèbres en Grèce, celui d'Olympie est un oléastre (olivier sauvage), alors que sur l'Acropole d'Athènes, c'est un olivier cultivé, l'olivier d'Athéna [2]. Selon la légende grecque, Minerve (ou Pallas Athéna), déesse de la Sagesse, et Poséidon, Dieu de la Mer, se disputaient la souveraineté de l'Attique, région

[2] Athéna viendrait du mot égyptien Neith ou la Minerve égyptienne.

Résonances



"Les oliviers sont caractéristiques et je lutte pour attraper cela. C'est de l'argent, tantôt plus bleu, tantôt verdi, bronzé, blanchissant sur terrain rose, violacé, orangeâtre jusqu'à l'ocre rouge. Mais fort difficile, fort difficile. Mais cela me va et m'attire de travailler en plein air dans l'or et l'argent. Et peut-être, un jour, en ferai-je une impression personnelle, comme le sont les tournesols pour les jaunes... Ah ! Mon cher Théo, si tu voyais les oliviers à cette époque-ci ! ... Le feuillage vieil argent et argent verdissant contre le bleu. Et le sol labouré orangeâtre. C'est quelque chose de tout autre que ce qu'on pense dans le Nord, c'est d'un fin, d'un distingué !

C'est comme les saules ébranchés de nos prairies hollandaises ou les buissons de chêne de nos dunes, c'est-à-dire le murmure d'un verger d'oliviers a quelque chose de très intime, d'immensément vieux.

C'est trop beau pour que j'ose le peindre ou puisse le concevoir. Le laurier-rose - ah ! - cela parle amour et c'est beau comme le *Lesbos* de Puvis de Chavannes, où il y avait les femmes au bord de la mer.

Mais l'olivier, c'est autre chose, c'est, si on veut le comparer à quelque chose, du Delacroix".

Lettres à son frère Théo, Vincent Van Gogh, fin septembre 1889.

Les oliviers, Saint-Rémy, novembre 1889. Vincent Van Gogh. Edinburgh, National Gallery of Scotland.

Dire l'olivier, l'olive et l'huile

En hébreu, l'**olivier cultivé** s'appelle *zayit,* nom que l'on retrouve dans l'arabe *zait* pour l'huile et *zaitûn* (ou *zîtun*) pour l'olivier et l'olive, les Berbères ont un nom distinct, *âzemmur.* L'égyptien *dt* (prononcé *dat*) lui est lié. De l'arabe, le nom de l'olive est passé au persan *zaitûn,* au turc *zeytin,* à l'espagnol *aceituna* et au portugais *azeitona.* Mais l'espagnol et le portugais préfèrent nommer l'arbre par son nom d'origine latine, *olivo* et *oliveira.* En grec ancien, l'huile est *elaion* et l'olivier *elaa* ou *elaia.* Ce nom, qui était *elaiwa* en grec mycénien, est probablement emprunté à une langue méditerranéenne. En grec moderne, il est devenu *elia, eliodendro* ("arbre à huile"), *dendro* ("arbre"), ce dernier nom montrant que chez les Grecs, l'olivier est bien le roi des arbres. Les Romains, quant à eux, ont reçu les noms de l'olivier d'un dialecte grec, à une époque ancienne : *olea* pour l'olivier, *oleum* pour l'huile et *oliva* pour le fruit. Ces noms se sont ensuite répandus dans la plupart des langues européennes.

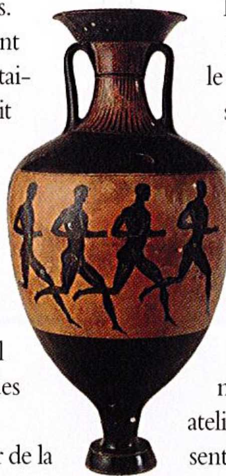
L'**oléastre** a souvent porté des noms distincts de l'olivier cultivé. Mais curieusement, dans l'Est de la Méditerranée, il est simplement appelé "olivier sauvage", sens de l'hébreu *zayit bar* et de l'arabe *zaitûn barrî.* Pour les Grecs*, l'oléastre s'appelle *kotinos, phulia, elaios* ou *agrielaia.* Pour les Romains, c'est le *cotinus* ou *oleaster,* qui a donné l'italien *oleastro* ou *olivastro* et le français *oléastre.* Le berbère *zebbûj* ou *tazbboujt* (avec l'article *ta-*) a été emprunté par l'arabe *zabbûg* ou *zanbûg,* qui a donné à son tour l'espagnol *acebuche* ou *azambujo,* et le portugais *zambujo.*

Pour beaucoup de peuples de la Méditerranée, **huile** et **huile d'olive** sont synonymes. Le français *huile* ainsi que l'anglais *oil* ou l'allemand *Öl* dérivent ainsi du latin *oleum,* qui désignait au départ l'huile d'olive. Mais au cours de sa progression vers l'Europe tempérée, le mot "huile" a bien sûr servi à désigner les autres huiles (*oli di semi* comme on dit dans les épiceries italiennes), et l'Église a dû préciser que le Saint-Chrême ne pouvait se faire qu'avec l'*oleum ex oliva.* On retrouve en arabe ce même lien entre le nom de l'huile (*zait*) et celui de l'olive (*zaitûn*). En espagnol, *aceite,* et en portugais *azeite,* empruntés à l'arabe, désignent les huiles alimentaires, *óleo* étant réservé aux autres usages.

André Bervillé, Michel Chauvet

*D'après Suzanne Amigues, 1993 *Théophraste, Recherches sur les Plantes.* Trad. Coll. Université de France, Paris, Les Belles Lettres.
Hélléniste, elle est connue pour sa traduction de l'œuvre de Théophraste. *Elaia* et *Kotinos* sont des mots d'origine barbare d'après elle.
Le lit d'Ulysse et de Pénélope était en bois d'oléastre (*Kotinos*), secret qui permit à Pénélope d'identifier Ulysse à son retour de voyages.
(cf l'extrait d'Homère dans "Résonances").

où se trouve aujourd'hui la ville d'Athènes. Zeus, le roi des Dieux fut consulté et, en tant qu'arbitre, décida que deviendrait propriétaire de l'Attique celui des deux Dieux qui ferait à l'homme le cadeau le plus utile. Poséidon, frappant la mer de son trident, fit naître de l'écume des vagues un cheval fougueux mais Athéna, frappant le sol de sa lance - car elle était aussi la déesse de la guerre - fit naître de la terre brûlée de soleil sur l'Acropole, l'olivier, arbre pacifique s'il en fût. Arbre toujours vert qui produit des fruits quand aucun autre n'en porte.



Amphore panathénaïque, à figures noires ►
Photo : RMN - ©Martine Beck-Coppola

Les armées épargnaient les oliviers par peur de la vengeance divine. L'olivier a toujours frappé les esprits par sa longévité et sa capacité à renaître après le feu ou le gel. L'olivier d'Athéna avait été incendié par les armées de Xerxès, mais dès le lendemain, Hérodote raconte qu'une pousse avait jailli du tronc calciné. Dans toute l'aire de l'olivier, l'arbre symbolise la permanence et la force du lien entre le paysan et sa terre. En Grèce, les vainqueurs des jeux olympiques recevaient des rameaux des oliviers de la forêt de l'Olympe et des amphores d'huile d'olive ; plusieurs siècles durant, ces amphores furent commandées par la cité d'Athènes aux meilleurs ateliers de poterie qui les décoraient en représentant sur une face la déesse de la cité, Athéna et sur l'autre, la discipline sportive dans laquelle s'était illustré le vainqueur.

À Rome comme en Grèce, les généraux et les soldats vainqueurs recevaient des couronnes d'olivier. Les ambassadeurs de paix portaient des rameaux d'olivier mais ceux-ci allaient prendre un sens un peu différent, celui de la victoire, y compris acquise par les armes.

Dans l'Islam, l'olivier est l'arbre cosmique, et son huile donne une lumière qui symbolise la lumière divine, comme l'exprime si bien la sourate XXIV du Coran, sur "La Lumière" : "Dieu est la lumière des cieux et de la terre. Sa lumière est semblable à une niche où se trouve une lampe. La lampe est dans un cristal pareil à un astre étincelant qui s'allume à un arbre béni : un olivier qui n'est ni de l'Orient ni de l'Occident dont l'huile semble éclairer sans même

Résonances



C'est le secret de fabrication de leur lit à partir d'un oléastre qui permet à Pénélope d'avoir la preuve qu'il s'agit bien d'Ulysse.

"Ulysse : ... Qui donc a déplacé mon lit ? Le plus habile n'aurait pas réussi sans le secours d'un dieu qui, rien qu'à le vouloir, l'aurait changé de place. Mais, il n'est homme en vie, fût-il plein de jeunesse, qui l'eût roulé sans peine. La façon de ce lit, c'était mon grand secret. C'est moi seul, qui l'avais fabriqué sans un aide. Au milieu de l'enceinte, un rejet d'oléastre éployait son feuillage ; il était vigoureux et, son gros fût avait l'épaisseur d'un pilier : je construisis, autour, en blocs appareillés, les murs de notre chambre ; je la couvris d'un toit et, quand je l'eus munie d'une porte aux panneaux de bois plein, sans fissure, c'est alors seulement que, de cet oléastre coupant la frondaison, je donnai tous mes soins à équarrir le fût jusques à la racine, puis, l'ayant bien poli et dressé au cordeau, je le pris pour montant où cheviller le reste ; à ce premier montant, j'appuyais tout le lit dont j'achevais le cadre ; quand je l'eus incrusté d'or, d'argent et d'ivoire, j'y tendis des courroies d'un cuir rouge éclatant... Voilà notre secret ! ... la preuve te suffit ? ... je voudrais donc savoir, femme, si notre lit est toujours en sa place ou si, pour le tirer ailleurs, on a coupé le tronc de l'oléastre."

D'après *L'Odyssée*, Chant XXIII, Homère, La Pléiade Gallimard.



Récolte des olives noires.
Tacuinum sanitatis. Taqwim es siha,
Moyen Âge (1445-1451 ?)
Manuscrits occidentaux, Latin 9333.

que le feu ne la touche ou peu s'en faut". L'olivier représente aussi Abraham, que Mahomet voit en songe dans le tronc d'un olivier immense.

Sculpteur des paysages méditerranéens

À l'olivier est attachée une image forte, celle du paysage méditerranéen qu'il façonne. En France, les millions d'arbres dont la culture est abandonnée depuis deux siècles ont perduré [3]. Ils ont participé à préserver le

[3] L'olivier ne meurt pas. Sa souche, même abandonnée, produit des feuilles et des fruits qui peuvent être assimilés à ceux de l'oléastre en raison de leur caractère juvénile. On garde le terme d'"olivier abandonné" pour de tels arbres, on réserve le terme "féral" pour leur descendance (voir la note "féral").

Résonances



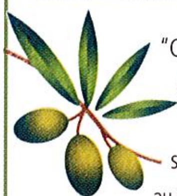
"À Florence, je montais tout en haut du jardin Boboli, jusqu'à une terrasse d'où l'on découvrait le Monte Oliveto et les hauteurs de la ville jusqu'à l'horizon. Sur chacune de ces collines, les oliviers étaient pâles comme de petites fumées et dans le brouillard léger qu'ils faisaient se détachaient les jets plus durs des cyprès, les plus proches verts et ceux du lointain noirs. Dans le ciel dont on voyait le bleu profond, de gros nuages mettaient des taches. Avec la fin de l'après-midi, tombait une lumière argentée où tout devenait silence. Le sommet des collines était d'abord dans les nuages. Mais une brise s'était levée dont je sentais le souffle sur mon visage. Avec elle, et derrière les collines, les nuages se séparèrent comme un rideau qui s'ouvre. Du même coup, les cyprès du sommet semblèrent grandir d'un seul jet dans le bleu soudain découvert. Avec eux, toute la colline, et le paysage d'oliviers et de pierres remontèrent avec lenteur. D'autres nuages vinrent. Le rideau se ferma."

D'après *Noces. Le désert,* Albert Camus, Folio, 1972 - 1ère édition, Éditions Gallimard, 1959.

Moulin Partegal à la Farlède (Var). Variété "Brun".


Photo : ©Jean-Paul Roger

Résonances



"C'est à la lumière de la fin du jour que l'olivier livre sa silhouette au feuillage vivace, reconnaissable entre toutes sous le ciel de la Méditerranée. Ses feuilles lancéolées, oblongues, vert et argenté s'allient au tronc ancestral, sombre et massif, torturé par les âges sur des sols de cailloux, de graviers, de silice... Arbre-rencontre d'une frondaison subtile évoquant la transparence et d'un puissant enracinement, pleinement ancré dans la terre. Essence nomade et voyageuse, il incarne l'histoire d'une civilisation, en humanisant la vie quotidienne des Méditerranéens".

D'après *L'olivier*, Stéphane Moreaux, Éd. Actes Sud, Essais documents, illustré par Nathalie Locoste, 1997, 96 pages.

milieu et contribué à l'image du midi de la France. L'olivier domestique a coexisté de tout temps avec la forme sauvage : l'oléastre. Dans les paysages, ils se différencient : l'olivier est aligné en verger alors que les forêts d'oléastres irisés et moirés sous le vent sont associées à des chênes verts et des arbousiers plus sombres.

Olivier, vigne, lavande et garrigue, créent de merveilleux paysages et contribuent au développement économique de quelques régions. L'olivier était autrefois davantage présent en cultures associées qu'en vergers, comme il l'est maintenant. Il poussait là où rien d'autre ne pouvait être cultivé. Il offrait l'ombre aux animaux et aux cultures, prévenait l'érosion, préservait des incendies, participait au paysage. Il assurait un revenu certain, on était "riche en nombre d'oliviers". Tant de peintres ne se sont jamais lassé de les évoquer.

Le voyageur recherche ces paysages contrastés et reposants, c'est ce qui l'attire dans les Alpilles, aux Baux-de-Provence, au cirque de Navacelles...

Brève histoire de la culture de l'olivier en France

Si la culture de l'olivier a été apportée par les Phocéens à Massalia (Marseille) il y a 2 500 ans [4], l'oléastre était déjà présent [2] et des variétés locales d'olivier vraisemblablement cultivées. Les Grecs et les Phéniciens ont probablement introduit l'usage alimentaire de l'huile d'olive, qui s'est répandu au détriment des espèces oléagineuses à graines qui étaient alors cultivées. Les Romains ont diffusé l'olivier dans leurs colonies et les familles romaines se sont enrichies dans le négoce de l'huile [3]. Ensuite c'est vers l'an Mil que l'olivier devient une véritable culture dans le sud de la France. Il va régner jusqu'aux périodes froides 1780-1870. Il recule ensuite subissant la concurrence des huiles de graines préférées par l'industrie. La culture de l'olivier est alors remplacée par celle de la vigne, non par les céréales qui ne peuvent donner un revenu comparable à celui de l'olivier. L'olivier se maintient jusqu'aux grands froids de 1956 qui le déciment. Il reste alors moins d'un million d'arbres. Sa culture renaît 10 ans plus tard. Elle atteignait 3,1 millions d'arbres en 2000, et sa progression se poursuit actuellement *(source AFIDOL issue de l'ONIOL : www.afidol.org)*. Ainsi, la production française devrait augmenter considérablement, puisqu'elle est encore loin de satisfaire la consommation française ; elle aussi en augmentation permanente et alimentée actuellement en grande partie par l'importation de produits étrangers.

(Voir plus loin "Quelques données économiques").

Source de traditions et de coutumes de nos jours encore

À la culture de l'olivier sont attachées un ensemble de traditions et de coutumes qui perdurent encore aujourd'hui. La cueillette des olives est l'occasion de festivités : olivades, fêtes de l'huile nouvelle... L'huile d'olive est à l'origine d'une cuisine régionale élaborée que l'on retrouve maintenant dans les restaurants à la mode. Autrefois, pour obtenir des huiles très typées, on faisait fermenter les olives dans des sacs de jute conservés deux à trois semaines au coin de la cheminée. Maintenant, on presse rapidement les olives à froid et on recherche des goûts légers (fruits ou légumes) ; parfois du piquant (ardence) est souhaité et obtenu par une fermentation plus ou moins maîtrisée.

André Bervillé, Catherine Breton et *Michel Chauvet*


Photo : Christian Slagmulder

Marché de Fréjus.

[4] Période encore imprécise : la différenciation de la sous-espèce europaea peut se situer dans une fourchette très large de -20 000 à -quelques millions d'années.

Biblio

[1] Pline l'ancien Hist. nat., XV, 21
[2] Terral J.-F., Badal E., Heinz C., Roiron P., Thiébault S. & Figueiral I. (2004). A hydraulic conductivity Model points to post-Neogene survival of the Mediterranean Olive in riparian habitat. *Ecology* 85 (11), 3158-3165
[3] Brun J-P., *Le vin et l'huile dans la Méditerranée antique*, Éd. Errance, St Etienne, France, 240 pp. 2004.



Photo : Daniel Renou

Quelques données économiques en France et dans le monde

Depuis une vingtaine d'années, en France et dans le monde, la consommation de l'huile d'olive ne cesse d'augmenter ; ce qui entraîne un développement important de la culture de l'olivier.



Photo : ©Office du tourisme du Pays de Nyons

Récolte d'olives la "Tanche".

En France

Traditionnellement implanté dans le sud de la France, l'olivier est cultivé dans 13 départements couvrant une zone allant de la Corse à la Drôme et des Alpes-Maritimes aux Pyrénées-Orientales. La majeure partie de la production (61%) est concentrée en Provence-Alpes-Côte d'Azur suivie par le Languedoc-Roussillon (17%), Rhône-Alpes et la région ardéchoise (12%) et la Corse (10%).

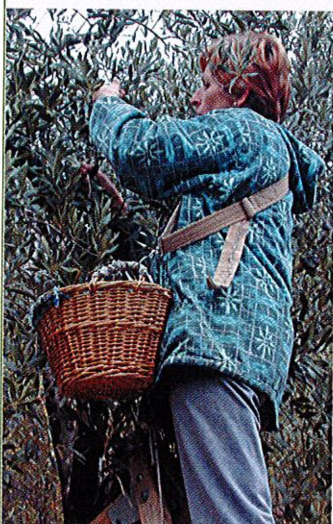


Photo : ©Fonds Institut du Monde de l'Olivier - AFIDOL

• Surfaces et densités

La superficie occupée par les oliveraies est importante (48 500 ha), elle représente un cinquième dans les Alpes-Maritimes et un quart des superficies plantées dans le Var et les Bouches-du-Rhône.

Dans les vieilles oliveraies, la culture est demeurée très traditionnelle ; la densité de plantation à l'hectare est faible et varie de 30 arbres/ha à l'hectare dans les Alpes-Maritimes à 90 dans les Bouches-du-Rhône. Dans les oliveraies actuelles et conduites de manière extensive, la densité de plantation moyenne est de 280 arbres/ha et les rendements d'environ 1 à 2 tonnes/ha. Enfin, il faut noter des initiatives d'intensification de la culture (vergers haute densité et mécanisation de la culture), encore peu développées en France, comparativement à l'Espagne.

Au cours des 7 dernières années, un plan de rénovation oléicole, financé par l'Union européenne, a permis de restructurer ou de planter 3 500 ha de vergers, de moderniser les moulins à huile pour les mettre aux normes européennes et d'accompagner certains programmes de recherche auxquels l'INRA a participé.

• Production

On recense plus de 25 000 exploitations mais 800 d'entre elles (3%) assurent plus de 50% de la production.

Les âges de l'olivier

Si l'olivier, dans des conditions de culture normales, est généralement improductif de sa première à sa douzième année, il commence à produire de sa douzième à sa cinquantième année ; il est dans sa plénitude de sa cinquantième à sa cent-cinquantième année, âge après lequel il ne rend normalement plus... même si certains oliviers peuvent atteindre 300 à 400 ans. La mise en fruits initiale peut cependant se produire, vers la cinquième année, si les conditions de culture sont particulièrement favorables et s'il fait l'objet de soins intensifs (irrigation, fumure, taille).

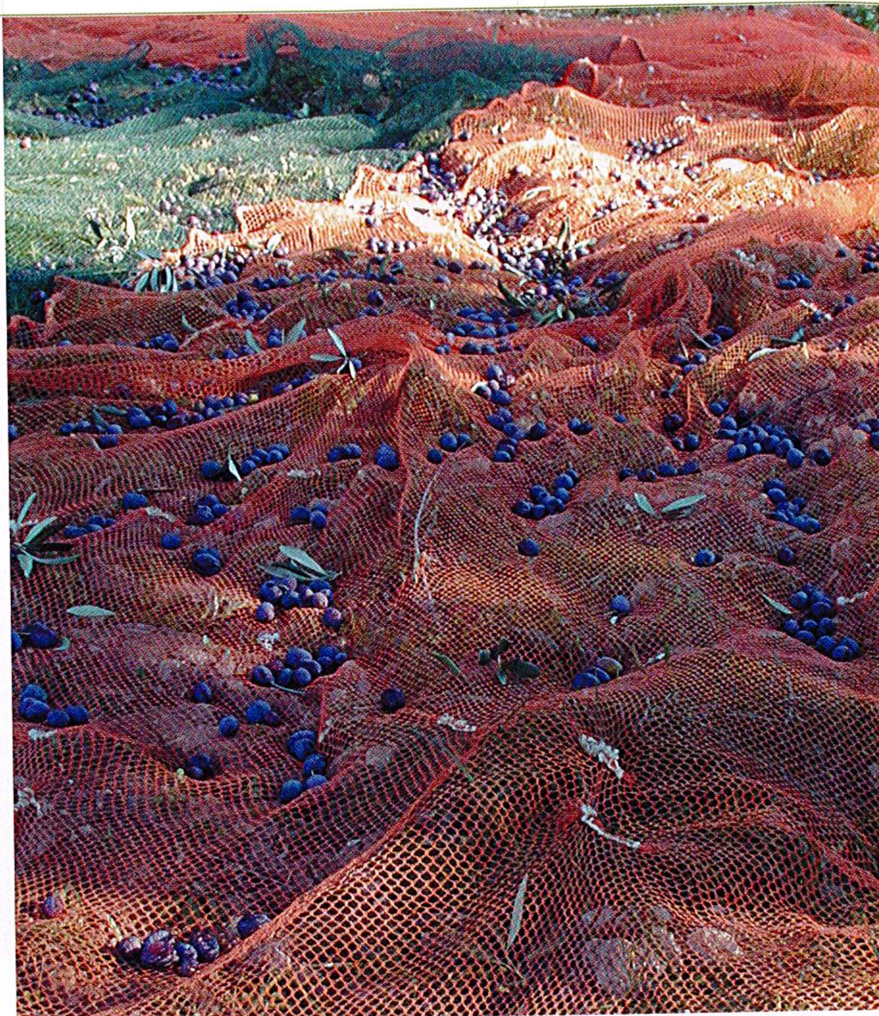
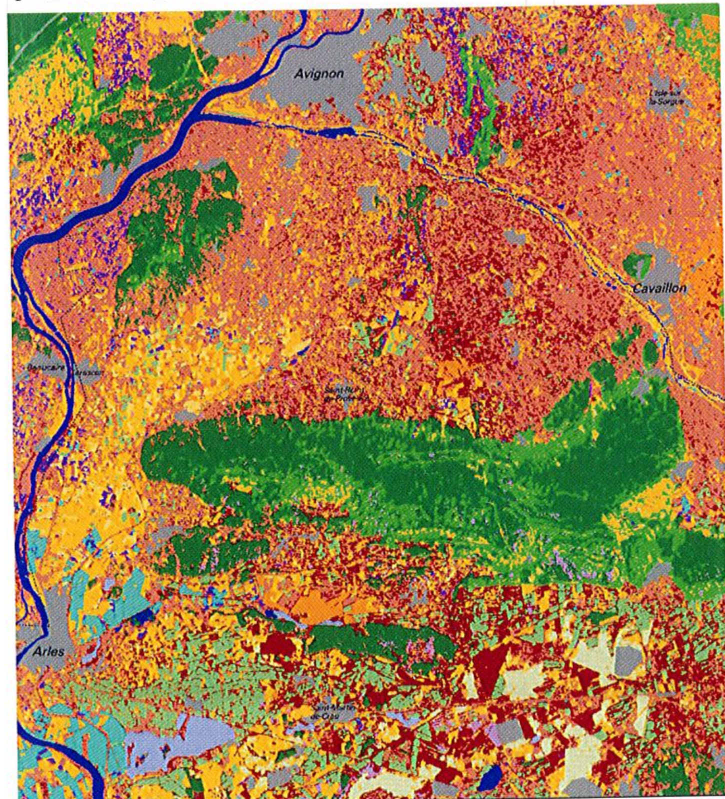


Photo : ©Fonds Institut du Monde de l'Olivier - AFIDOL

L'ensemble de cette zone de culture permet de produire de l'ordre de 4 000 tonnes d'olives pour la table avec en particulier des produits bien identifiés comme les olives noires de Nice et de Nyons, les olives cassées de la Vallée des Baux ou l'olive verte produite à partir de la variété Lucques.
À partir de 18 500 tonnes d'olives à huile triturées, il est produit annuellement de l'ordre de 4 000 tonnes d'huile. Cette production d'huile est fluctuante d'une année sur l'autre puisqu'elle a atteint 4 600 tonnes pour la campagne 2003-2004 et 4 300 tonnes en 2004-2005. Pour 2005-2006, la production française approche les 4 400 tonnes.

• **Coût**

En France, le coût de production d'un litre d'huile en agriculture traditionnelle est le plus élevé d'Europe (8€) alors qu'il ne dépasse pas 2€ en Espagne.



Postes d'occupation de surface

- Eau
- Pêchers - abricotiers
- Pommiers - poiriers
- Prairie irriguée
- Prairie sèche
- Riz
- Tournesol
- Blé
- Maïs
- Forêt
- Vignes
- Oliviers
- Garrigues
- Marais
- Territoires artificialisés

Carte de l'occupation des sols à partir d'images du satellite SPOT (40x40 km), à plusieurs dates, sud d'Avignon. Dominique Courault (projet Protection Fruitière Intégrée, PFI), INRA, Avignon.

Comparativement, le prix de vente moyen du litre d'huile d'olive en France, toutes origines confondues, se situe autour de 4,6€. Le prix de vente moyen des huiles issues de l'agriculture biologique est aussi le plus élevé d'Europe, c'est-à-dire de l'ordre de 15€ avec un prix allant de 10 à 20€ le litre.

• **Consommation**

La consommation annuelle française en huile d'olive atteint 91 000 tonnes soit moins de 1,5 l/habitant (3,4 l/ménage) et celle d'olives de table représente 39 000 tonnes soit plus de 600 grammes/habitant. La consommation en huile d'olive ne cesse d'augmenter et a triplé en 20 ans mais elle reste encore fortement régionalisée dans le Sud-Est et en Région parisienne. Elle est sensible à un effet de saisonnalité et consommée principalement au troisième trimestre (juillet à septembre).
La majorité des produits (95%) nécessaires à la consommation française sont importés tandis que seule-

Résonances



"Les jeunes cueilleuses
Dans leurs petits paniers
Font pleuvoir le fruit gras
On croirait
Bergères occupées
A traire dans un jas.
Le groussan fait l'ampoule
Le vermilhau s'allonge
Son pédicule est gras
De partout
On dirait que l'or coule
De l'arbre à chaque goutte.
La colline s'égaie
Des chants, des cris de joie
Des sauts, du va-et-vient :
La jeunesse
S'en va manger l'anchois
En s'abritant du vent".

Les Olivades, Traduction de l'auteur.
Frédéric Mistral

Photo : Alain Beguey

Plantations d'oliviers dans la région de Meknès (Maroc).

ment 100 tonnes de produits français sont exportés. La commercialisation de l'huile d'olive est réalisée principalement via la grande distribution (61%), 29% dans les restaurants et 9% dans des magasins spécialisés. Seul 1% de l'huile d'olive consommée en France est vendu par les moulins.

Dans le monde

• L'huile d'olive

La production mondiale en huile d'olive se situe aux alentours de 2,5 à 2,8 millions de tonnes selon les années.

La production française représente une infime part de la production mondiale (0,15%) alors que celle de l'Espagne, premier pays producteur mondial, atteint 35%.

L'Union européenne avec l'Espagne, l'Italie et la Grèce, représente 77% de la production mondiale d'huile d'olive tandis que la Turquie et la Syrie se situent autour de 6% ; la Jordanie, le Maroc et la Tunisie entre 1 et 3%. La France représente seulement 2% de la production communautaire.

La consommation mondiale présente le même type de répartition en notant toutefois que les USA consomment plus de 7% de la production mondiale et que le Japon dépasse 1%. Malgré l'augmentation régulière des échanges mondiaux et de la consommation, le ratio stock/production reste très élevé et avoisine 30%.

• Les olives de table

Concernant les olives de table, le niveau de production en produits finis est sensiblement équivalent à celui de l'huile d'olive, de l'ordre de 2,5 millions de tonnes. L'Union européenne, premier producteur, représente 35 à 50 % de la production mondiale selon les années ; la France 0,3%, de la production communautaire. L'Égypte est le deuxième pays producteur avec 19%, suivi par la Turquie et la Syrie (9%) puis les USA et le Maroc (4,6%).

La répartition de la consommation est la même que pour la production : l'Union européenne est premier consommateur mondial ; les USA (12%) et le Brésil (3%) ont également un poids non négligeable. La consommation mondiale d'olives connaît une très forte progression depuis 2000.

En définitive, que ce soit pour l'huile d'olive ou les olives de table, la production, les échanges et la consommation ne cessent de s'amplifier. Toutefois l'émergence de nouveaux pays producteurs, comme l'Argentine, l'Australie ou l'Afrique du Sud, risque de remettre en cause la place prépondérante des pays du Bassin méditerranéen dans cette activité économique.

Françoise Dosba

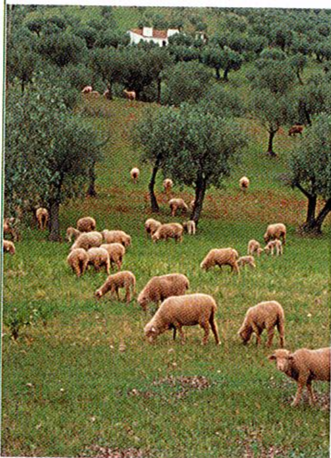


Photo : M. Etienne

Pâturage ovin sous oliviers au Portugal.

Sources des données économiques : *les Cahiers de l'Oniol* Huiles d'olive et olives de table en chiffres, février 2004 et www.afidol.org

Le "panier de biens" autour de l'huile d'olive

Qui donc peut accepter - et pourquoi ? - de payer environ 20€ le litre d'huile d'olive AOC de Nyons, alors qu'une huile d'olive standard de qualité comparable se vend 4 fois moins cher ? C'est en partant de cet exemple emblématique qu'une analyse économique de l'huile d'olive a été réalisée dans la région des Baronnies à partir de 1996 dans le cadre des programmes INRA DADP*. Cette huile spécifique, issue des oliveraies les plus septentrionales d'Europe (variété Tanche), possède une notoriété traditionnelle importante, qui s'est accrue peu à peu auprès d'une population nouvelle de résidents secondaires et de touristes venant d'Europe du Nord, dont les flux augmentent régulièrement dans cette région. Non seulement son prix est plus élevé que celui des huiles d'olive standard équivalentes mais aussi des huiles de qualité "terroir". Ce différentiel de prix a été évalué depuis 1982 par rapport à l'huile des Baux-de-Provence mais il remonte encore plus loin : l'huile de Nyons a été reconnue "Label rouge" en 1966, "Appellation d'origine" en 1968, puis AOC en 1994 et son prix n'a cessé de progresser tout au long de ce processus de différenciation, avec une stabilisation depuis 4 ou 5 ans. Parallèlement, six autres huiles d'olives françaises suivent le même chemin depuis 10 ans et ont bénéficié aussi d'un différentiel de prix très favorable grâce à l'AOC.

Mais il y a plus. Dans le cas des Baronnies, il a été observé en outre que d'autres produits, issus d'une longue tradition et ancrés territorialement, avaient aussi des prix durablement supérieurs à ceux d'une offre comparable provenant d'une origine géographique différente. Autour de l'huile d'olive, le produit leader, se sont peu à peu agrégés d'autres produits et services de qualité, qui se renforcent mutuellement et constituent ensemble un "panier de biens" : pas seulement des "co-produits" (olives, tapenade, gel douche...) mais aussi les vins de pays de cépage, la lavande fine AOC, les huiles essentielles et les plantes aromatiques (lavandin, thym, romarin...) ou le tilleul. S'y ajoutent des prestations et des services recherchés : tourisme vert (gîtes ruraux, randonnées à cheval...), soins et hygiène (plantes médicinales, thalassothérapie et aromathérapie), des services paysagers et environnementaux attractifs (faibles densités, terrasses d'olivier, biodiversité) combinés avec un climat et un patrimoine appréciés. Cet ensemble de ressources territoriales de qualité "prend corps" autour de l'huile d'olive et génère des différentiels de prix positifs et des rentes liées entre elles. Ce "panier de biens" est construit par les acheteurs, et sa construction est observable grâce à un outil statistique qui analyse les co-occurrences de produits les plus fréquentes dans les achats réalisés dans les magasins de "produits du pays". La méthode montre que l'huile d'olive constitue le dénominateur commun de loin le plus fréquent de tous les achats.



◄ De droite à gauche :
• Champ de lavande, plateau de Valensole (Alpes de Haute-Provence).
Photo : Florence Carreras
• Thym en fleurs. Photo : Jean-Marie Bossennec
• Tilleul à grandes feuilles.
Photo : Jean-François Picard

Le "panier de biens" est complexe : ce n'est pas une simple juxtaposition de biens privés mais une combinaison interactive entre biens privés et biens publics recherchée par le "consommateur". Au-delà du panier, c'est en fait tout le contexte et l'image du territoire que le consommateur achète, et c'est cela qui génère une "rente" plus élevée que la simple somme des surplus de chaque produit. La rente liée à cet "effet-panier" revient aux producteurs de ces produits et, au-delà, à l'ensemble des acteurs qui contribuent à donner une image positive au territoire. D'où l'exploration d'un concept nouveau, la "rente de qualité territoriale" (RQT), qui combine deux approches économiques souvent séparées, l'approche territoriale, branche de l'économie spatiale, et l'approche par la qualité, branche de l'économie industrielle. La RQT constitue la base possible d'un modèle de développement des territoires ruraux fondé sur la qualité de ses produits et de ses services, en y incluant les aspects environnementaux et les services non marchands.

Amédée Mollard



Photo : ©Fonds Institut du Monde de l'Olivier - AFIDOL

* Recherches conduites par Amédée Mollard UMR GAEL, INRA université Pierre Mendès-France à Grenoble et par Bernard Pecqueur, Territoires, UMR CNRS PACTE, université Joseph Fourier, Grenoble, dans le cadre de trois programmes : INRA-DADP 1 Rhône-Alpes 1996-1999 ; Dispositif INRA-CEMAGREF-CIRAD sur la multifonctionnalité 2002-2004 ; INRA PSDR 2 Rhône-Alpes 2001-2005.
Deux thèses sont réalisées à partir de ces recherches (M. Hirczak, Mehdi Moalla).

• Lacroix Ay., Mollard A., Pecqueur B., 1997. *La production d'une rente de qualité territoriale comme stratégie de développement : le cas des Baronnies,* XXXIII° Colloque de l'ASRDLF, Lille 1-3 septembre, 23 p. + annexes.
• Mollard, A. ; Pecqueur, B. ; Lacour, C. 2000.- *L'olivier dans les Baronnies ou les relations d'une culture-symbole avec son territoire : un point de vue critique.* 1ères Rencontres Internationales de l'Olivier, Institut du Monde de l'Olivier, Nyons, 19-20 octobre 2000.
• Mollard A., Pecqueur B., Lacroix A.J., 2001. A meeting between quality and territorialism : the rent theory reviewed in the context of territorial development, with reference to French examples, *International Journal of Sustainable Development,* Vol. 4, n°4, pp. 368-391.
• Pecqueur B., 2001. "Qualité et développement territorial : l'hypothèse du panier de biens et de services territorialisés", *Économie Rurale,* n°261, janvier-février, pp. 37- 49.
• Mollard A. 2001. "Qualité et développement territorial : une grille d'analyse théorique à partir de la rente", *Économie rurale,* n°263, mai-juin, pp. 16-34.
• Hirczak M., Moalla M., Mollard A., Pecqueur B., Rambonilaza M., Vollet D., 2005. *Du panier de biens à un modèle plus général des biens complexes territorialisés : concepts, grille d'analyse et questions.* Symposium International INRA-PSDR, "Territoires et enjeux du développement régional", Lyon 9 - 11 mars, 17 p.

Les ressources génétiques

La génétique nous éclaire sur le passé mais prépare aussi l'avenir. Il existe dans le monde 2 000 variétés d'olivier, 150 en France. Elle peuvent être identifiées selon leurs caractères morphologiques, la description portant sur l'arbre, ses feuilles, ses fleurs, ses olives et leurs noyaux. Mais cette méthode n'est pas suffisante pour caractériser chacune des variétés d'où une nouvelle approche complémentaire à l'aide de marqueurs basés sur le polymorphisme de l'ADN. Ces marqueurs génétiques ont également permis de reconstituer l'histoire des origines de l'olivier, de l'olivier sauvage, l'oléastre, à l'olivier cultivé. Des travaux de sélection ont été entrepris à l'INRA depuis de longues années et se poursuivent aujourd'hui avec des collaborations internationales.

Les photos des pages 8, 14, 21, 23 sont de Jean-Paul Roger, Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles Le hameau • 83400 Ile de Porquerolles.



Photo : ©Jean-Paul Roger

Variété "Cayon".

La caractérisation des variétés d'olivier

Pendant longtemps le secteur oléicole a connu un déficit de caractérisation et d'évaluation du matériel végétal. À l'exception de l'ouvrage de Joseph Ruby (1918) qui comprend une description pomologique relativement précise de la plupart des variétés françaises, très peu de travaux ont été réalisés avant la dernière décennie. Cela est dû au caractère traditionnel de l'oléiculture marquée par l'existence de vergers avec plusieurs cultivars souvent sans caractérisation rigoureuse. Par conséquent, des cas d'homonymies (plusieurs génotypes sous la même dénomination) et de synonymies (plusieurs dénominations pour le même génotype) sont rencontrés et posent le problème d'identification du génotype de référence (voir définition page 15) pour certaines variétés.

Les variétés d'olivier sont habituellement identifiées par une description morphologique. Néanmoins, si la plupart des variétés sont aisément reconnues grâce à des caractères morphologiques discriminants, l'identification de certaines n'est pas fiable. Le nombre limité de caractères morphologiques discriminants n'est pas parfois en adéquation avec la richesse variétale du patrimoine français. Dans cette optique, l'utilisation des marqueurs basés sur le polymorphisme de l'ADN est une approche qui vient compléter l'apport de la description morphologique pour la caractérisation des variétés d'olivier.

Caractérisation morphologique et évaluation agronomique

En 1996, l'INRA Montpellier a proposé, avec l'appui financier de l'interprofession (Office national interprofessionnel des oléagineux, protéagineux et cultures textiles - ONIOL) et de l'Union européenne (programme RESGEN, CT 96/97), de caractériser les variétés françaises d'olivier sur le plan morphologique. Cette description porte à la fois sur des caractères de l'arbre, de la feuille, de l'inflorescence, du fruit et du

noyau. Elle est réalisée avec une méthodologie commune à l'ensemble des partenaires du programme international de caractérisation variétale coordonné par le Conseil oléicole international (COI). L'acquisition de la connaissance des variétés d'olivier cultivées en France se poursuit avec la mise en place de la "Charte pour la gestion des ressources génétiques de l'olivier en France" [1].
Une base de données européenne est en cours de constitution ; elle comportera les descriptions morphologiques des variétés autochtones des 5 pays européens producteurs d'olive : Espagne, France, Grèce, Italie et Portugal. L'INRA Montpellier est responsable de cette base de données au niveau français. Un ouvrage principalement rédigé par les participants à la cellule de coordination de la Charte pour la gestion des ressources génétiques de l'olivier en France vient de paraître [2]. Il présente, entre autres, les caractéristiques morphologiques et agronomiques des différentes variétés d'olivier cultivées en France. Cet ouvrage permet une identification fiable et aisée des variétés par les amateurs et professionnels oléicoles et ceci directement sur le terrain.

Nathalie Moutier

Caractérisation moléculaire et définition du génotype de référence

Depuis 1998, l'INRA Montpellier a réalisé, en collaboration avec le Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles (CBNMP) et avec l'appui financier de l'interprofession (ONIOL), des travaux de caractérisation moléculaire des variétés françaises.
Cette méthode présente les avantages suivants :
• le nombre de marqueurs n'est pas limité
• le polymorphisme révélé peut être très élevé de manière à pouvoir distinguer des sujets très apparentés (par exemple entre descendants d'un même croisement)
• les marqueurs obtenus sont stables, quels que soient l'organe, le stade physiologique de l'arbre ; leur expression est indépendante de l'effet du milieu.

Parallèlement à ce programme, ces deux équipes ont procédé à la caractérisation complète de la collection variétale d'olivier implantée sur l'île de Porquerolles[3]. En mettant en évidence de nombreux cas de synonymie et d'homonymie dans cette collection, ces travaux ont soulevé le problème lié à la définition du génotype de référence et en particulier à la question de savoir comment et sur quelles bases définir ce génotype pour une variété donnée. La démarche proposée pour définir le génotype de référence s'appuie sur la confrontation de matériel végétal d'origines différentes et portant le même nom. Le génotype de référence est défini lorsqu'au moins 3 arbres d'origine différente sous la même dénomination sont caractérisés par le même profil moléculaire. À ce génotype, correspond une description pomologique précise s'appuyant sur les descripteurs reconnus au plan international et établis dans le cadre du programme RESGEN CT 96/97.
En vue d'assurer la conformité du matériel végétal multiplié par les pépiniéristes, il importe d'avoir comme base le génotype de référence défini pour chacune des variétés cultivées en France. Ceci est particulièrement indispensable pour multiplier du matériel végétal sous la norme "Conformité Agricole Communautaire" élaborée par la Communauté européenne depuis une dizaine d'années. La caractérisation moléculaire est réalisée à l'aide de 15 loci microsatellites de l'ADN nucléaire. Pour chacune des variétés étudiées, au moins 3 arbres de différentes origines, dont un provient de la collection variétale au CBNMP, ont été analysés à l'aide des marqueurs microsatellites.
Un total de 71 variétés a été analysé selon cette méthodologie et le génotype de référence a été identifié pour 38 variétés [4,5]. Pour les 33 variétés restantes, il convient de compléter les analyses d'arbres ayant au moins 3 origines distinctes afin de définir le génotype de référence.
L'INRA Montpellier et le CBNMP poursuivent en collaboration ces travaux de caractérisation afin de disposer d'une base de données de génotypes de référence pour l'ensemble des variétés d'olivier cultivées en France.

Bouchaïb Khadari et *Nathalie Moutier*

Les collections variétales de référence
internationales, nationales et départementales

On compte plus de 2000 variétés d'olivier réparties de par le monde. Elles se situent principalement dans le Bassin méditerranéen. Au cours de ces dix dernières années, conscients de l'importance des variétés de terroir pour leur valorisation, plusieurs pays ont mis en place des programmes de prospection, de collecte et de mise en collection du matériel végétal existant sur leur territoire. Cette démarche a également été globalisée au niveau mondial. Ainsi, deux collections de référence (l'une à Cordoue, l'autre à Marrakech) sont en cours de constitution afin de rassembler le maximum de la diversité variétale observée au niveau mondial.

Au même titre que de nombreux pays du Bassin méditerranéen, la France dispose pour l'olivier d'une grande diversité génétique. Le patrimoine français actuel est riche de près de 150 variétés d'oliviers répertoriées, réparties dans l'ensemble des régions du sud-est et de la Corse. Depuis plus de vingt ans, plusieurs établissements publics et privés ont pris l'initiative

Résonances



"Mystérieuse et tapie, Tamrani de Syrie,
Enduri de Lybie,
Chetoui, sein pointu, soleil de Tunisie ;
Zitoun pour le Maroc, mariée au poisson
Chemlal la kabyle, un amour d'Algérie,
Bashika de l'Irak le rivage lointain"...
Ici parle l'olivier Joseph Pacini



Photo : ©Jean-Marie Bossennec
Oliveraie près de Cabrières (Hérault).

[1] Les analyses génétiques ont montré que 20% des variétés françaises en collection ont été sélectionnées à partir de populations de l'Ouest méditerranéen, alors que 80% des variétés sont apparentées à l'olivier de l'Est méditerranéen (sélectionnées à partir de populations de l'Est méditerranéen et / ou issues de croisement entre les formes de l'Est et celles de l'Ouest) [3].
Les prospections futures devraient prendre en compte ces résultats en recherchant et en repérant davantage de variétés localement sélectionnées.
Besnard G., Khadari B., Baradat P., Bervillé A. 2002. *Olea europaea (Oleaceae)* phylogeography based on chloroplast Dna polymorphism. *Theoretical and Applied Genetics*, 104: 1353-1361.

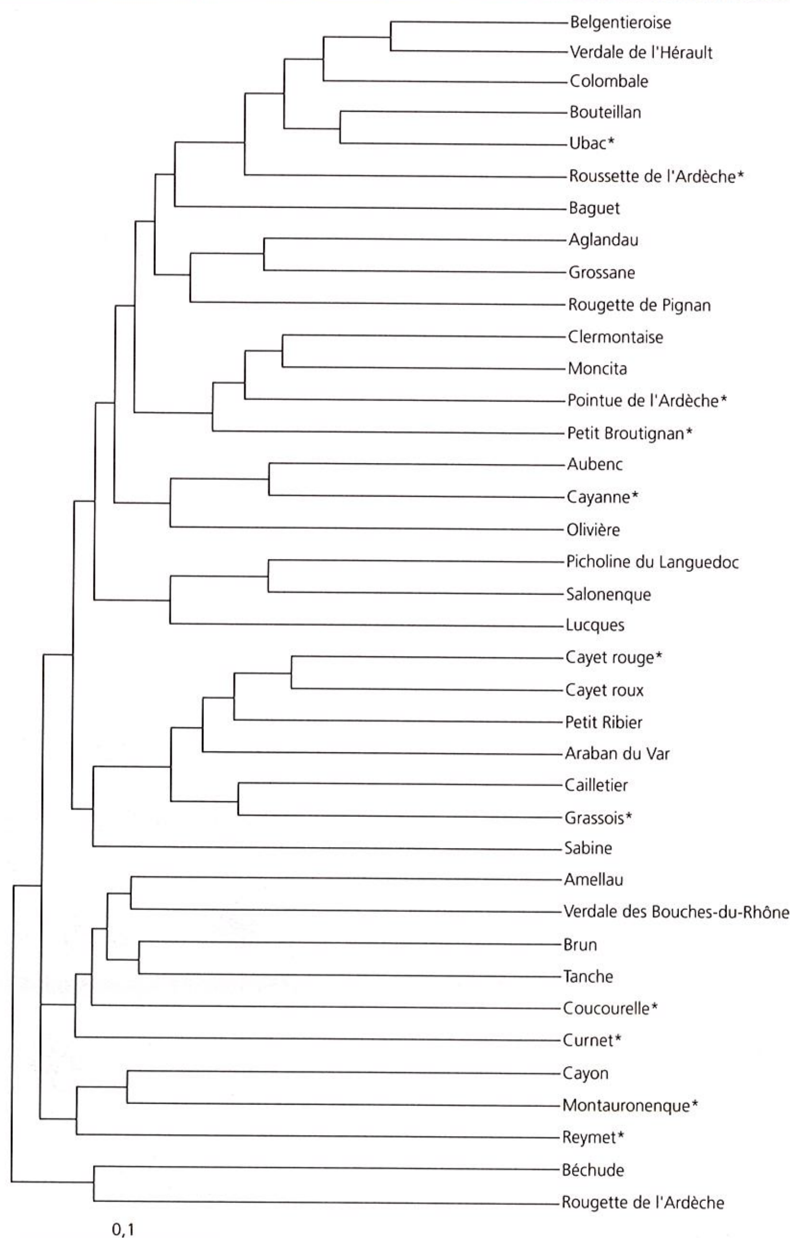
[2] Un ensemble phénétique est décrit par les relations de similarité des diagrammes qu'il s'agisse de formes ou de marqueurs moléculaires.

d'engager des prospections pour localiser et identifier le plus grand nombre de variétés anciennes d'olivier des principales régions oléicoles françaises. Un ensemble de collections variétales de référence se met en place aux niveaux national et départemental dans le cadre de la "Charte pour la gestion des ressources génétiques de l'olivier en France", sous l'égide du Bureau des ressources génétiques (BRG) [6,7]. Un "réseau national de gestion coopérative des ressources génétiques de l'olivier" a été constitué. Il fédère les principaux acteurs concernés (CBNMP, INRA, AFIDOL, AFCEV et les pépiniéristes). L'objectif est d'assurer, à terme, la conservation du patrimoine français par la mise en collection *ex situ* de toutes les variétés locales anciennes.
Les collections à visée nationale permettent de rassembler dans un même site des variétés de différents bassins de production et de les observer, toutes conditions étant égales par ailleurs. C'est le cas par exemple de la collection variétale conjointe INRA-CBNMP établie sur l'île de Porquerolles dans des conditions hors gel. Elle comprend actuellement une centaine de variétés françaises. Des prospections sont réalisées régulièrement en vue de l'enrichir. L'objectif ultime est de disposer d'une collection de référence qui rassemble toutes les variétés françaises. Des travaux de caractérisations morphologique et moléculaire et d'analyses génétiques [1] ont été réalisés sur cette collection. Ils ont permis de corriger des erreurs d'introduction, de dénomination et de confusion entre les variétés.

Les collections départementales, quant à elles, permettent la conservation et l'observation sur place des variétés cultivées dans le département. Elles servent de conservatoires des variétés locales anciennes et de vitrine de l'oléiculture du département. L'établissement de vergers de référence au cœur de chaque zone de production, vergers qui comportent les variétés typiques de cette zone, facilite la reconnaissance des variétés par les oléiculteurs. Ils peuvent être source de matériel pour la multiplication et la diffusion des variétés dans l'attente de la constitution de véritables vergers de pieds-mères chez les pépiniéristes. Contrairement aux collections nationales, elles permettent la représentativité des données agronomiques pour le département.

Nathalie Moutier et *Bouchaïb Khadari*

Classification de 38 variétés françaises sur la base de 15 loci microsatellites



Les relations entre variétés d'olivier

Au sein des variétés françaises

Les relations génétiques entre les variétés françaises ont été étudiées en comparant deux à deux les génotypes déterminés à l'aide de 15 loci microsatellites de l'ADN nucléaire (correspondant à 92 allèles). Pour chacune des variétés étudiées, au moins trois arbres de différentes origines ont été analysés (voir le § "Caractérisation moléculaire"). Selon cette méthodologie, le génotype de référence a été mis en évidence sauf pour les variétés marquées par * car seulement un ou deux arbres ont été analysés au niveau moléculaire. La figure permet d'illustrer les variétés proches et les variétés distinctes au niveau génétique [2]. Par exemple, Verdale de l'Hérault et Belgentieroise sont les variétés proches car elles ne se distinguent que par 7 marqueurs, alors que la variété Roussette de l'Ardèche diffère de la variété Amellau par 37 marqueurs. Des recherches en cours ont pour objectif de mettre en évidence les filiations existantes entre les différentes variétés.

Bouchaïb Khadari

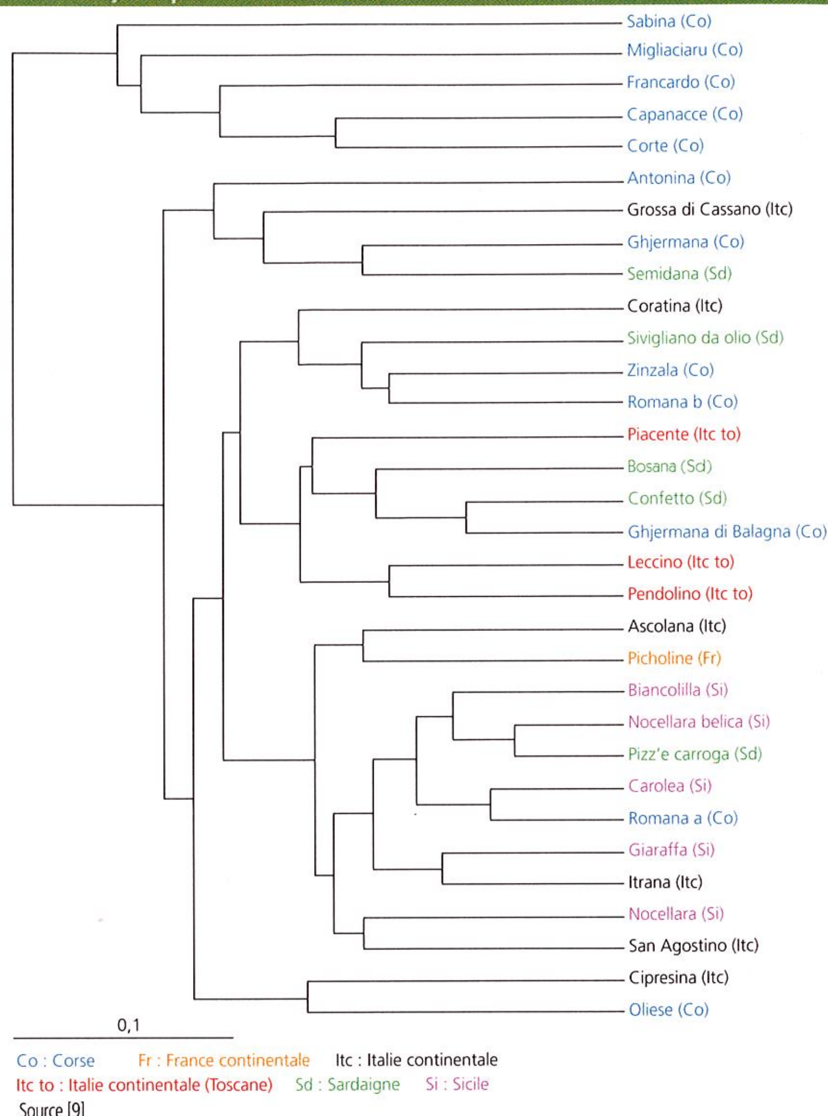
Entre les variétés françaises et étrangères : l'exemple de la Corse et de l'Italie

Les relations génétiques entre les variétés corses et des variétés italiennes provenant du continent italien, de Sardaigne et de Sicile ont été déterminées afin de situer d'un point de vue génétique les oliviers cultivés en Corse par rapport à d'autres variétés méditerranéennes [8]. Une variété du Gard (Picholine) a également été incluse dans l'analyse, puisqu'elle est présente en Corse. Le dendrogramme construit à partir de la matrice des distances de Nei montre deux grands groupes (figure ►). Le premier groupe comprend uniquement des variétés corses ; le deuxième comprend toutes les autres variétés dont les sept autres variétés corses [9]. Ces travaux montrent une importante diversité spécifique de la Corse avec des variétés endémiques.

D'autres résultats montrent que certaines variétés corses sont génétiquement similaires aux oléastres et que les principales variétés corses productrices d'huile (Capanacce, Ghjermana, Sabina et Zinzala) ne sont pas regroupées dans le même ensemble phénétique [2].

Liliane Berti, Jacques Maury, Claude Gambotti, Jean Giannettini, Jean Panighi, Virginie Bronzini de Caraffa, Vanina Lorenzi, Cynthia Palmieri

Distances génétiques entre variétés corses et variétés italiennes



Co : Corse   Fr : France continentale   Itc : Italie continentale
Itc to : Italie continentale (Toscane)   Sd : Sardaigne   Si : Sicile
Source [9]

L'oléastre et l'olivier Histoire et génétique

L'histoire des origines de l'olivier en est à ses balbutiements. On la croyait simple, elle ne l'est pas, et elle révèle aussi beaucoup de notre propre histoire puisque l'homme a toujours accompagné l'olivier. Dans plusieurs régions, l'olivier a une origine mythique. Cela traduit, parmi bien d'autres choses, une absence de connaissance sur son origine et sa diversification dans le Bassin méditerranéen. En se basant sur des marqueurs génétiques, l'histoire de l'olivier a pu être reconstituée récemment.

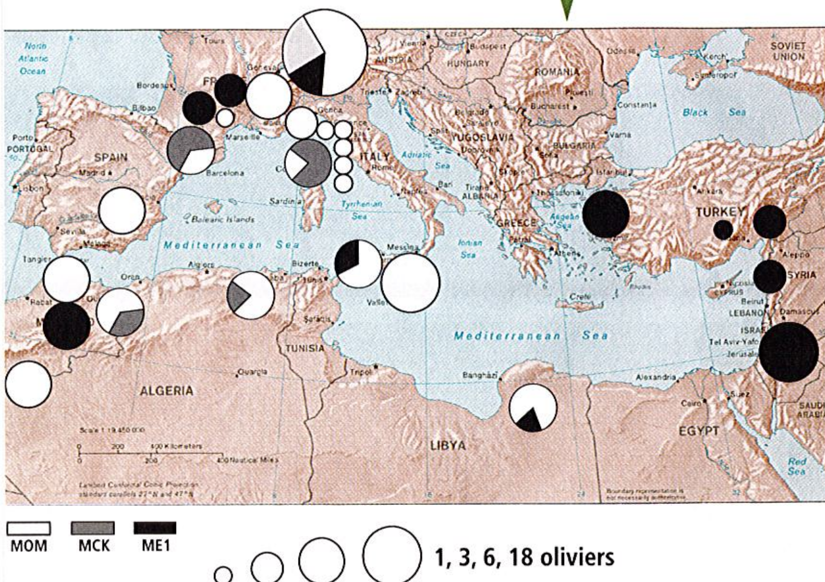
Il reste donc beaucoup à apprendre et les recherches se poursuivent (voir l'encart sur "La transmission des gènes nucléaires et cytoplasmiques").

Diversité au sein d'*Olea europaea*

Les ressources génétiques de l'olivier se trouvent dans les taxons (unité de classification du monde vivant) (voir l'encart "Botanique") qui peuvent se croiser avec lui. L'espèce *Olea europaea* comprend en plus de subspecie *europaea*, cinq autres sous-espèces : du Sahara au Soudan, subsp. *laperrinei* ; à Madère, subsp. *cerasiformis* ; aux Îles Canaries, subsp. *guanchica* ; au Maroc subsp. *maroccana* et de la Chine à l'Afrique du Sud subsp. *cuspidata*. Toutes ces sous-espèces se croisent avec l'olivier, et certaines descendances hybrides obtenues avec subsp. *cuspidata*, sont conservées en collection à l'INRA.

Toutefois, il n'existe pas de collections de l'ensemble de ces sous-espèces, que ce soit en France ou dans les autres pays intéressés par l'olivier cultivé. On ne sait pas grand-chose de leurs propriétés et notamment des qualités et des caractères qu'elles pourraient ap-

Distribution des polymorphismes de l'ADN mitochondrial (mitotypes) de l'oléastre autour du Bassin méditerranéen.
Les ovales selon leur taille indiquent le nombre d'individus par peuplement.
Breton C., Besnard G. & Bervillé A. (2006) Using multiple types of molecular markers to understand olive phylogeography, In *Documenting Domestication*: new genetic and archaeological paradigms ed. by M.A. Zeder, D. Decker-Walters, D. Bradley and B.Smith, University of California Press. pp143-152



porter à l'olivier. En Iran, la sous-espèce *cuspidata* résiste à de grands froids ; l'étude de croisements d'oliviers avec cette sous-espèce serait intéressante à réaliser.
L'oléastre présent dans tout le pourtour méditerranéen est très peu étudié. Ce n'est que récemment que sa diversité l'est [10]. Très peu de données existent également sur son écologie. Depuis très peu de temps, en Sardaigne, des oléastres sont rassemblés dans une collection *ex situ* et des arbres sont repérés pour une collection *in situ* [11].

De l'olivier sauvage à l'olivier cultivé : la domestication

Le modèle de domestication de quelques espèces végétales dans le Croissant fertile [3] a été naturellement appliqué à l'olivier. Il existe effectivement *Olea europaea*, sous-espèce *cuspidata* en Iran qui aurait pu être l'ancêtre de l'olivier. La domestication se serait produite vers 3 700 av. J.C. au Proche-Orient, et l'ensemble des oliviers cultivés dériverait d'une seule population d'oléastres. Les oliviers auraient colonisé l'ensemble du Bassin méditerranéen. Jusqu'ici, les scientifiques considéraient que les oléastres véritables étaient un groupe homogène confiné à l'Est du Bassin méditerranéen. Selon cette théorie, les formes sauvages observées dans l'ouest du Bassin seraient non pas des oléastres véritables mais des arbres issus d'oliviers cultivés et sauvages appelés "féral" [4]. La référence aux Phocéens introduisant l'olivier (comme s'il n'en existait pas à l'Ouest) à Massalia il y a 2 500 ans contribue à cette ambiguïté sur l'origine de l'olivier.

Des travaux récents à partir d'analyses d'ADN, ont remis en cause l'hypothèse d'une origine unique à l'Est (Palestine, Judée, Turquie, Israël) : l'oléastre est , en effet, partout autochtone. Les profils génétiques des populations étudiées indiquent que les oléastres sont implantés depuis les glaciations aussi bien à l'Ouest qu'à l'Est ; ce qui est également attesté par des données fossiles (pollen, bois). Les oléastres auraient survécu durant les dernières glaciations dans des zones refuges réparties au nord-ouest de l'Afrique, sur la péninsule ibérique, au Proche-Orient et dans l'ensemble Sicile-Corse. On peut penser qu'ils se seraient diversifiés à l'Ouest (Maghreb, Espagne, France et Corse, Sicile) avant les glaciations et qu'un seul type serait parvenu ou aurait survécu à l'Est (de la Grèce au Proche-Orient). En effet, l'oléastre de l'Est porte un cytotype [5] homogène alors qu'à l'Ouest plusieurs cytotypes coexistent [12, 13]. Ces évènements sont probablement concomitants [6].
Les patrons de la répartition géographique de la diversité génétique des cultivars d'olivier et ceux des oléastres conduisent à penser que dans diverses régions, les oliviers cultivés actuels sont issus de croisements naturels entre les premiers oliviers domestiqués de l'Est avec des oléastres locaux ; ce qui a contribué à favoriser l'adaptation locale en quelques générations.
En effet, les premiers oliviers domestiqués ont dû être largement diffusés vers l'Ouest, direction prévalente des migrations humaines (Phéniciens, Grecs, Romains). Les oléastres véritables de l'Ouest, caractérisés par des cytotypes (voir l'encart "Transmission des gènes") et des marqueurs nucléaires spécifiques, sont donc des ressources génétiques précieuses pour l'olivier. Ils n'ont jamais été véritablement étudiés.

Chez l'oléastre, la répartition géographique des polymorphismes de l'ADN accumulés au cours du temps (appelée structure génétique de la diversité) est bien marquée. Cette structure génétique révèle les relations entre les peuplements, leur histoire, les migrations naturelles et celles provoquées par l'homme. Mais la génétique ne permet pas de dater les évènements de domestication ou de migration, on en déduit seulement qu'ils se sont produits dans l'absolu, on ne peut dire quand. L'archéologie, l'histoire et les disciplines connexes sont donc complémentaires de la génétique pour dater les évènements.
La sous-espèce *europaea* (l'oléastre et l'olivier) de *Olea europaea* occupe la partie la plus septentrionale (le Bassin méditerranéen) de la zone de répartition de l'espèce *Olea europaea* (voir l'encart "Botanique"). Le genre *Olea* est quant à lui, sub-tropical voire tropical. L'extension vers la Méditerranée suppose que la sous-espèce a gagné des facteurs adaptatifs pour le climat méditerranéen. Le mode d'évolution de l'espèce *O. europaea* reste à étudier.

[3] Le Croissant fertile est une région du Moyen-Orient comprenant les actuels Israël, Cisjordanie et Liban ainsi que des parties de la Jordanie, de la Syrie, de l'Irak, de l'Égypte et le sud-est de la Turquie. Le terme "Croissant fertile" fut donné par l'archéologue James Henry Breasted de l'université de Chicago car l'arc formé par les différentes zones ressemble à un croissant.

[4] Arbre féral : on observe encore aujourd'hui des arbres spontanés plus ou moins proches des vergers, ils proviennent de croisements naturels entre cultivars, cultivar/oléastre, voire d'oléastre ; les oléiculteurs passionnés les suivent pour connaître les caractères de leurs olives et de leur huile ; s'ils présentent une certaine originalité, ils conduiront à de nouvelles variétés locales, plus ou moins étendues, dont l'essor dépendra de la mode. Pourquoi créer de nouvelles variétés d'olivier quand il s'en crée naturellement !

[5] Cytotype : il est défini par la combinaison des marqueurs des ADN cytoplasmiques c'est-à-dire du chloroplaste et de la mitochondrie.

[6] Pour confirmer cette hypothèse, les chercheurs en écologie - génétique et en archéologie envisagent d'étudier des noyaux d'olives retrouvés sur des sites bien étudiés et datés.



Photo : André Bervillé

Oléastre à Roquebrune Cap Martin (Alpes maritimes).

Résonances



"[…] Et la terre
Se transmet
Comme la langue
Il faut qu'un exil enfante les perles
du souvenir et abrège l'éternité
En un instant qui contienne le temps.
Peut-être sur leurs noms ont-ils écrit leurs noms
Et dans l'argenté des oliviers retrouvé le premier poète
qui là-bas déplia leur ciel".

La Terre nous est étroite et autres poèmes. Mahmoud Darwich

Les flux de gènes

L'oléastre et l'olivier se côtoient bien souvent dans les cultures. Les flux de gènes [7] entre les formes sauvage et domestique ont-ils une influence sur la culture ? Pour l'olivier, la pollinisation par l'oléastre est un bienfait pour la nouaison, du fait de son auto-stérilité et de difficultés variées de fécondation (voir le texte sur la pollinisation). L'effet sur la composition de l'huile produite est nul car l'huile est issue des tissus maternels de l'olive. En revanche l'embryon sera hybride, mais il n'y a qu'une chance infime que l'olive donne naissance à un arbre. Pour l'oléastre, la pollinisation par l'olivier engendrera une pollution génétique conduisant à une réduction de diversité dont les conséquences à long terme, bien qu'imprévisibles, seront probablement néfastes à la forme sauvage.

Les variétés : origine, adaptation et diversité

Les variétés actuelles d'olivier sont pour la très grande majorité originaires du Bassin méditerranéen et de quelques origines mal connues en Asie (entre Chine et nord Iran). Lors de la colonisation européenne, l'olivier a été importé en Amérique du Sud et du Nord, en Afrique du Sud, au Japon, et en Australie par les Espagnols et les Portugais. Depuis quelques dizaines d'années de nouvelles variétés sont nées dans ces pays sur la même base génétique que l'olivier méditerranéen. En Australie, on commence à exploiter des formes échappées de culture qui colonisent le terrain dans la région d'Adélaïde [14].
Dans le Bassin méditerranéen, il existe plusieurs milliers de variétés recensées. La génétique a permis de retrouver les origines de la domestication à l'Est et à l'Ouest, elles ne seront datées qu'avec un couplage étroit avec l'archéologie. Les variétés actuelles ont pour la plupart la base génétique de l'Est du fait probablement des flux migratoires de l'Est vers l'Ouest et de la diffusion par les Carthaginois et les Romains de variétés nées à l'Est. Néanmoins pour 30% des variétés l'origine à l'Ouest est indéniable, déterminée par des marqueurs moléculaires. Des cultivars portent les marqueurs cytoplasmiques d'oléastres spécifiques de l'Ouest, les oléastres sont donc forcément leurs ancêtres maternels. Des oléastres portent des marqueurs nucléaires (voir l'encart "Transmission des gènes") que nous n'avons jamais trouvés dans les variétés de l'Est mais seulement dans des oléastres de l'Ouest.
La mode actuelle de rapporter des oliviers d'Espagne, d'Italie, de Grèce ou d'ailleurs, pour les cultiver en France soulève la même difficulté que celle rencontrée par nos ancêtres sur l'adaptation des arbres introduits. Outre les problèmes phytosanitaires que cela pourrait engendrer, il n'y a en effet que peu de chance que ces arbres soient aussi productifs dans le nouvel environnement que d'autres variétés locales.
Comment l'olivier s'est-il adapté dans nos régions et comment obtenir un jugement rapide de l'adaptation des variétés introduites [8] ? Vaste problème qui soulève bien des interrogations scientifiques d'actualité. Le greffage de l'olivier sur un porte-greffe local d'une nouvelle variété lui permet de bénéficier des propriétés du porte-greffe. C'est un moyen de juge-

La transmission des gènes nucléaires et cytoplasmiques

Des marqueurs génétiques permettent de retrouver les variétés d'oliviers provenant de chaque événement de domestication et de déterminer les flux de gènes.

Dans la cellule végétale, l'ADN nucléaire provient des deux parents. Il permet de détecter les flux de gènes (pollen) avec des marqueurs moléculaires tels que RAPDs et microsatellites. L'ADN cp et mt (respectivement dans le chloroplaste et la mitochondrie) sont transmis par la mère. Ils permettent de suivre les déplacements des fruits avec les RFLP et microsatellites pour l'ADNcp et RFLP pour l'ADNmt.
Les modifications de séquences dans l'ADN sont ainsi révélées par diverses techniques qui permettent de visualiser les changements entre génotypes par des modifications de longueurs (RFLP, RAPD, SSR ou microsatellites) ou directement la séquence des bases ; ce qui est le plus informatif. Selon les techniques utilisées, les marqueurs sont plus ou moins informatifs, car ils peuvent représenter un phénotype s'ils sont dominants ou le génotype s'ils sont co-dominants. Dans ce dernier cas, ils permettent de mieux connaître l'histoire d'une population d'oliviers : dynamique, mécanismes qui la régulent, diversité...

Plusieurs approches ont été réalisées : d'abord avec des marqueurs moléculaires dominants, les RAPD, associés aux marqueurs cytoplasmiques : ADN du chloroplaste et de la mitochondrie [1]. Ces derniers ont révélé une structure génétique Est-Ouest insoupçonnée jusque-là. Les méthodes d'analyses classiques ainsi que l'échantillonnage des arbres (environ 500 dispersés autour du Bassin méditerranéen) ont conduit à des résultats largement novateurs pour cette espèce : l'oléastre est partout autochtone ; ce qui remet en cause le dogme répandu sur l'origine de l'olivier à l'Est. Par la suite [2], l'utilisation de marqueurs microsatellites nucléaires a révélé une diversité plus fine qu'avec les RAPD et permettant d'utiliser des outils de génétique des populations. Enfin, récemment les méthodes d'analyses multiloci basées sur l'assignation (l'appartenance d'un individu à un lignage est vérifiée pour chaque modèle de regroupement des individus) ont permis d'expliquer les résultats descriptifs sans proposer de modèles d'évolution ni de migration car les limites sont aussi dans l'échantillonnage. Une étude en cours [3] porte sur environ 2000 arbres après avoir reconsidéré et étendu l'échantillonnage. Cette approche, basée sur plusieurs types de marqueurs (SSR et séquences), devrait conduire à poser les bases d'un modèle évolutif pour la forme sauvage et à comprendre l'origine et la diversité des cultivars. Il est clair que les évènements multiples de domestication chez l'olivier apportent une vision nouvelle de la période pré-néolithique à l'Ouest du Bassin méditerranéen.

Catherine Breton, Guillaume Besnard et *André Bervillé*

[1] Besnard G (1999) *Étude de la diversité génétique de l'olivier cultivé et de ses formes sauvages apparentées à l'aide de marqueurs moléculaires : applications pour l'identification variétale et pour la gestion des ressources génétiques.* Thèse université Montpellier II, 174 pages.
[2] Breton C., Médail F., Bervillé A. 2005 *L'Olea maroccana*, pourquoi en faire une sous-espèce ? *Journal de Botanique* 30:19-25
[3] Catherine Breton, *Reconstruction de l'histoire de l'olivier* (*Olea europaea subsp. europaea*) *et du processus de domestication en région méditerranéenne étudiés sur des bases moléculaires.* Thèse université Paul Cézanne. Octobre 2006, 220p.

Résonances



"Levées avant l'aube, vêtues de leurs beaux atours et fardées, les pieds chaussés de cette sorte de babouches hautes et souples de couleur écarlate ornementées de dessins noirs, parées de leurs bijoux, les femmes se rendaient aux champs. Toutes les femmes aiment le temps des olives, car c'est celui où elles peuvent sortir. Elles rentraient aux étoiles, éreintées mais heureuses.

Aït-Mansour-Amrouche, Fadhma

[7] Flux de gènes : expression consacrée pour rendre compte de déplacement de graines ou de fécondation d'un taxon par le pollen d'un autre taxon.

[8] L'adaptation d'un cultivar à un milieu donné a été sélectionnée inconsciemment ; on s'interroge actuellement sur la façon de l'expliquer voire de la reproduire scientifiquement.

ment d'adaptation rapide probablement utilisé aussi pour répandre de nouvelles variétés quand celles en place ne donnaient plus satisfaction [9]. La greffe est connue en Europe depuis environ 2 200 ans.
Évidemment le greffage ne modifie en rien le patrimoine génétique du greffon et pour obtenir l'adaptation à long terme, il est nécessaire que des flux de gènes olivier/oléastre conduisent à des descendants qui se sélectionnent dans le milieu selon le modèle darwinien.
La répétition de tels cycles de flux de gènes et de sélection darwinienne a probablement conduit à la diversité actuelle des variétés, qui est on ne peut plus remarquable.

Catherine Breton, Guillaume Besnard et André Bervillé

[9] Certains cultivars sont réapparus à la suite de grands froids avec la régénération des souches. On peut penser que pour ne pas perdre la production pendant plusieurs années en arrachant les arbres et en en replantant d'autres, les oléiculteurs ont sur-greffé les arbres qui ne donnaient plus le produit recherché.

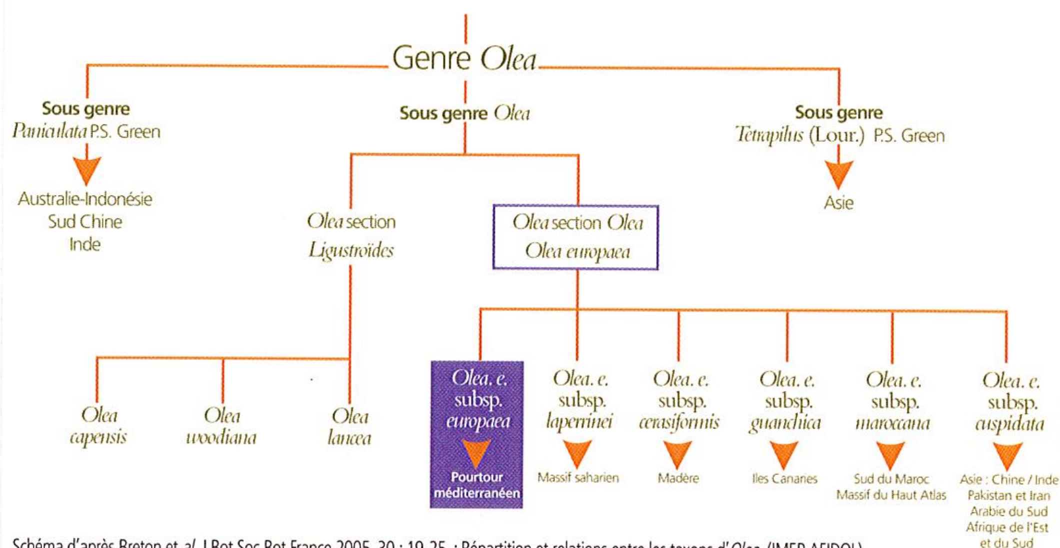


Schéma d'après Breton et *al.* J Bot Soc Bot France 2005, 30 : 19-25. : Répartition et relations entre les taxons d'*Olea* (IMEP, AFIDOL)

La botanique

L'olivier appartient à la famille des Oléacées comprenant de nombreux arbustes et arbres décoratifs : jasmin, forsythia, lilas, troène, filaire, ainsi que des arbres forestiers : orne, frêne et oléastre. La famille est peu représentée dans nos contrées, elle est surtout abondante en Afrique de l'Est, en Chine et en Amérique du Nord. Le genre *Olea* est absent sur le continent américain. Son ancêtre est apparu sur Gondwana dont le fractionnement a engendré la diversification en sous-genres, tribus, sections, espèces, sous-espèces (voir le schéma).



De droite à gauche : ►
• Forsythia. Photo : Alain Cadic
• Lilas. Photo : Denise Grail
• Jasmin. Photo : G. Gilly

Olea europaea s'est diversifié secondairement en Afrique de l'Est et s'est répandu en Asie, de l'Arabie à la Chine ; en Afrique de l'Est, de l'Érythrée jusqu'en Afrique du Sud ; en Afrique de l'Ouest, de l'Érythrée par le Sahara et le Maroc, jusque dans les Îles de Macaronésie.
La sous-espèce europaea de *O. europaea*, l'oléastre, a colonisé le Bassin méditerranéen probablement de l'Ouest vers l'Est à une période encore imprécise [1].
L'olivier est la forme domestiquée de l'oléastre. Il est apparu à l'Est (Palestine, Israël) il y a -5800 ans [2] mais les travaux les plus récents [3,4] et les analyses génétiques [1,5,6] indiqueraient qu'il est aussi apparu à l'Ouest, respectivement en Espagne et en Corse [7], probablement antérieurement [4].

Catherine Breton, André Bervillé

[1] Besnard G., Khadari B., Baradat P., Bervillé A. 2002 Olea europaea phylogeography based on chloroplast DNA polymorphism *Theoretical and Applied Genetics* 104: 1353-1361,
[2] Zohary D., Hopf M. 1994. *Domestication of plants in the Old World.* Oxford Clarendon Press, Second edition, pp. 137-142.
[3] Lanfranchi F., Bui Thi. Mai 1995 *Oléastre et lentisque, plantes oléagineues utilisées en Corse au néolithique,* Harvard
[4] Terral J.F., Alonso N., Buxo R., Capdevila I., Chatti N., Fabre L., Fiorentino G., Marinval P., Perez Jorda G., Pradat B., Rovira N., Alibert P. (2004) Historical biogeography of olive domestication (*Olea europaea L.*) as revealed by geometrical morphometry applied to biological and archaeological material. *Journal of Biogeography,* 31, 63-77
[5] Besnard G., Khadari B., Baradat P., Bervillé A. 2002 Combination of chloroplast and mitochondrial DNA polymorphisms to study cytoplasm genetic differentiation in the olive complex (*Olea europea L.*) *Theoretical and Applied Genetics* 105:139-144.
[6] Breton C., Besnard G., Bervillé A. 2006 Using multiple types of molecular markers to understand olive phylogeography, In *Documenting Domestication: new genetic and archaeological paradigms"* Éd MA Zeder, D. Decker-Walters, D. Bradley, B. Smith, University of California Press. pp.143-152
[7] Breton C., Tersac M., Bervillé A. 2006 Genetic diversity and gene flow between the wild olive oleaster, *Olea europaea L* and the olive: several Plio-Pleistocene refuge zones in the Mediterranean basin suggested by Simple Sequence Repeats analysis *Journal of Biogeography* 33:1916-28.

Variété "Cayet roux".

Photo : ©Jean-Paul Roger

Biblio

[1] Moutier N., 2001. Sauvegarde, connaissance et gestion des ressources génétiques de l'olivier en France. *Le Nouvel Olivier* 23 : 14-19.

[2] Moutier N., Pinatel C., Martre A., Roger J.P., Khadari B., Burgevin J.F., Ollivier D., Artaud J., 2004. *Identification et caractérisation des variétés d'olivier cultivées en France* - tome 1. Naturalia publications. 248 p.

[3] Khadari B., Breton C., Moutier N., Roger J.P., Besnard G., Bervillé A., Dosba F., (2003). The use of molecular markers for germplasm management in a French olive collection. *Theoretical and Applied Genetics.* 106 : 521-529.

[4] Khadari B., Moutier N., Pinczon du Sel S., Dosba F. (2004). Molecular characterisation of French olive cultivars using micro-satellites : towards the establishment of a reference genotype database. *OCL.* 11 (3) : 225 - 229.

[5] Khadari B. et Moutier N. 2005. Identification des variétés françaises d'olivier à l'aide des marqueurs moléculaires. *Le Nouvel Olivier* 48 : 19-23.

[6] Moutier N., Mitteau M., Roger J.P., 1998. La collection nationale française d'oliviers. Le patrimoine fruitier. Hier, aujourd'hui, demain. *Actes du colloque AFCEV* "Le Patrimoine fruitier français et européen". La Ferté-Bernard, 16 et 17 octobre 1998, p : 291.

[7] Roger J.P., Moutier N., Mitteau M., 2002. Une charte pour la gestion des ressources génétiques de l'olivier en France. BRG. 10 p.

[8] Bronzini de Caraffa V., Giannettini J., Gambotti C., Maury J. Genetic relationships between cultivated and wild olives of Corsica and Sardinia using RAPD markers, (2002) *Euphytica* 123, 263-271.

[9] Bronzini de Caraffa V., Maury J. , Gambotti C., Breton C., Bervillé A., Giannettini J. Mitochondrial DNA variation and RAPD mark oleasters, olive and feral olive from Western and Eastern Mediterranean. (2002), *Theoretical and Applied Genetics* 104, 1209-1216.

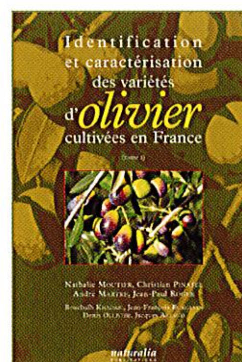
[10] Besnard G., Bervillé A., 2000, Multiple origins for Mediterranean olive (*Olea europaea L. ssp europaea*) based upon mitochondrial DNA polymorphisms, *C. R. Acad Sciences*, Série III, 323:173-181.

[11] Baldoni L., Pellegrini M., Mencuccini M., Angiolillo A., Mulas M. 2000 Genetic relationships among cultivated and wild olives revealed by AFLP markers. ISHS *Acta Horticulturae* 521: XXV International Horticultural Congress, Part 11: Application of Biotechnology and Molecular Biology and Breeding - Gene Expression and Molecular Breeding, Genome Analysis.

[12] Besnard G., Khadari B., Baradat P. & Bervillé A. 2002 A combination of chloroplast and mitochondrial DNA polymorphisms to study cytoplasm genetic differentiation in the olive complex (*Olea europaea L.*). *Theoretical and Applied Genetics*, 105(1): 139 – 144.

[13] Breton C., Médail F., Pinatel C., Bervillé A.2005. *In Crop ferality and Volunterism: A threat to food security in the transgenic Era?* Ed J Gressel, Chapter 15 example 10: Olive - oleaster gene flow and risks of ferality in olive CRC Press, Boca Raton, USA.

[14] Mekuria G.T., Collins G., Sedgley M. 2002. Genetic diversity within an isolated olive (*Olea europaea* L.) population in relation to feral spread. *Scientia Horticulturae* 94:91-105.



L'amélioration génétique de l'olivier



Champ d'oliviers.

La majeure partie des oliveraies cultivées actuellement est constituée de populations plus ou moins sélectionnées et correspondant à des types variétaux. À partir de ces populations, une sélection massale [1] a permis de repérer les arbres présentant des caractéristiques intéressantes, soit en terme de régularité de rendement (mise à fruits rapide, faible alternance de production, charge homogène), soit en terme de qualité des produits ou de comportement vis-à-vis des bio-agresseurs. Ces arbres en verger ont fourni du matériel à des fins de multiplication par bouturage. Ce fut aussi le point de départ de la constitution de parc à bois chez les pépiniéristes afin de multiplier le matériel végétal en conditions plus contrôlées [1].

Depuis une trentaine d'années, l'amélioration génétique de l'olivier a été entreprise plus systématiquement aussi bien en France qu'à l'étranger. Elle a eu pour objet de réaliser une véritable sélection de clones à partir des arbres les plus performants repérés dans des variétés de population, rassemblés en vergers comparatifs et étudiés pendant plusieurs années de production. En France, des activités de sélection clonale ont été menées de 1960 à 1986 sur les 5 principales variétés françaises d'olive de table : Cailletier, Grossane, Lucques, Picholine et Tanche [2]. Lors de la première phase de sélection massale au champ, 350 sujets ont été observés "*in situ*". À la suite de ces observations, 78 arbres ont été pré-sélectionnés et multipliés afin d'être implantés et étudiés dans un dispositif expérimental multi-site. Les résultats de ces observations et analyses ont conduit à la sélection selon les caractères mesurés de 24 clones recommandés comme étant les meilleurs pour ces 5 variétés d'olive de table. Ils ont constitué des têtes de clones à l'origine des pieds-mères qui servent à la multiplication du matériel végétal par bouturage ou greffage.

Une autre voie d'amélioration variétale consiste à sélectionner du matériel à partir de croisements contrôlés ou non. C'est ainsi que la variété française Moncita a été obtenue par l'INRA avec la participation de Montpellier SupAgro à partir d'une fécondation libre de la variété Lucques. Cette variété donnant des fruits de bon calibre et de bon rendement en huile est malheureusement sensible à la verticilliose (cf § "Ravageurs et Maladies"). Multipliée par bouturage, elle est difficilement utilisable en condition irriguée où les risques de développement de parasites telluriques sont accrus. L'utilisation d'un porte-greffe résistant à la verticilliose permettrait de résoudre ce problème.

Enfin, depuis plusieurs années déjà des programmes de sélection après hybridation contrôlée sont engagés. À l'INRA-Montpellier SupAgro, un croisement a été réalisé entre la variété mâle stérile nucléo-cytoplasmique Olivière et la variété espagnole Arbequina. Cette descendance, dont la carte génétique est en cours de réalisation, est étudiée actuellement pour appréhender les déterminants génétiques des caractères morphologiques et architecturaux de l'olivier. Une coopération est en cours actuellement avec le Maroc (projets PRAD et PAI) pour développer une autre

[1] Méthode de sélection artificielle consistant à choisir comme reproducteurs à chaque génération certains individus pour des caractères phénotypiques particuliers dans la masse des candidats de la population, sans se soucier de leurs apparentés, ascendants, collatéraux ou descendants.

[2] Vergers dont le développement des arbres permet d'intervenir directement depuis le sol (taille, récolte).

carte génétique à partir d'un croisement entre la Picholine marocaine et la Picholine du Languedoc en vue de rechercher les marqueurs moléculaires de la résistance à la maladie de l'œil de paon causée par *Spilocaea oleaginea*. Les cartographies génétiques sont en cours d'élaboration à partir de populations en ségrégation dont la conformité du statut hybride a été vérifiée pour chaque individu. Actuellement plus de 500 marqueurs SSR, ISSR, AFLP et RAPD sont utilisés afin de définir les groupes de liaisons et saturer les cartes [3]. Des programmes similaires sont engagés en Espagne, en Italie et afin de repérer des marqueurs liés aux caractères recherchés et de sélectionner de nouveaux cultivars en s'appuyant sur la sélection assistée par marqueurs. [4]

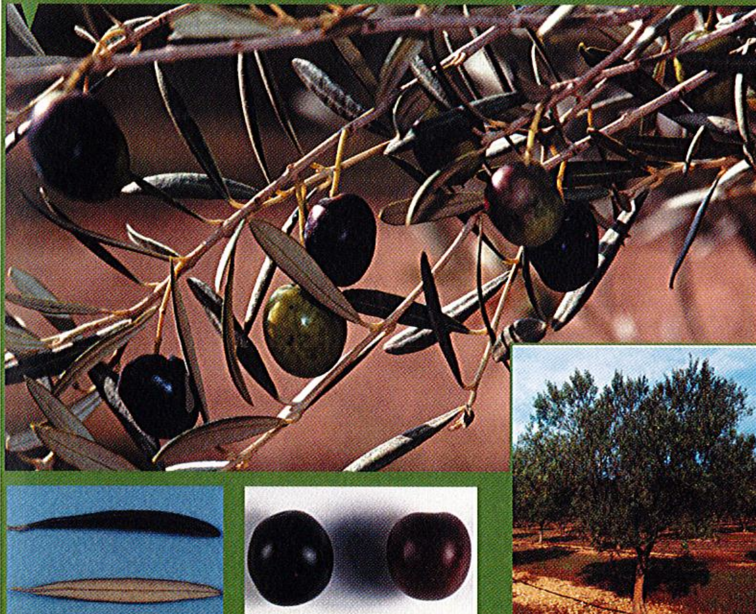
Actuellement en France, il n'existe pas de programme à proprement parler de sélection pour les porte-greffe ; ils sont développés en Italie principalement à partir d'arbres sélectionnés pour leur aptitude à donner des semences de bonne capacité germinative et des semis assez homogènes. L'intensification actuelle de l'oléiculture devrait conduire aussi à ce genre de développement en sélection de porte-greffes adaptés aux conduites en "vergers piétons" [2] à faible développement végétatif et en haute densité (cf § "Perspectives ouvertes par le greffage").

Françoise Dosba, Nathalie Moutier et Bouchaïb Khadari

Biblio

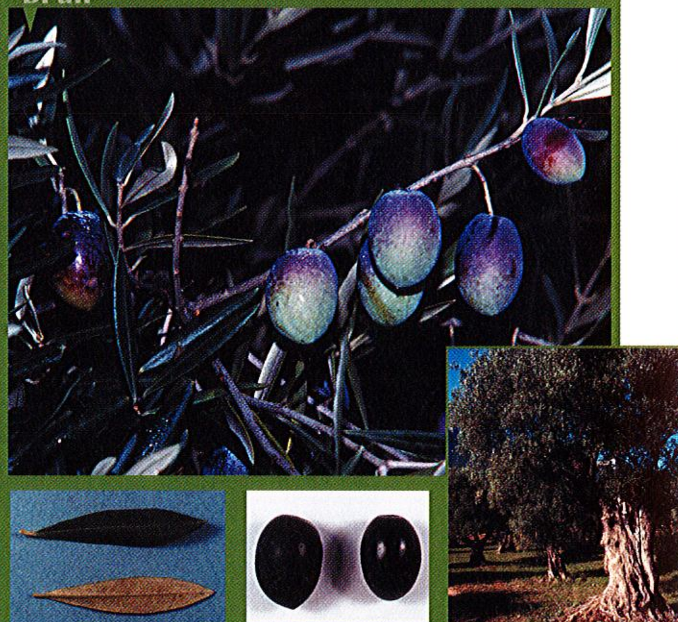
[1] Villemur P. et Dosba F., 1997. Oléiculture : évolution variétale et acquisition de la maîtrise des pratiques culturales. *OCL*,4 (5) 351-355.
[2] Charlet M., 1988. Sélection clonale des cultivars français d'olives de table. *Le Nouvel Olivier* 1 : 8-13.
[3] Khadari *et al* communication personnelle.
[4] De la Rosa R., Angiolillo A., Rallo L., Guerrero C., Besnard G., Bervillé A., Martin A., Baldoni L. 2003 A first genetic linkage map of olive (*Olea europaea* L.) cultivars using RAPD and AFLP markers. *Theor Appl Genet* 106:1273-1282.

Verdale de l'Hérault



La Verdale de l'Hérault et la Lucques sont des variétés du patrimoine oléicole français et d'importance commerciale. La Brun est une variété de pays, typique du littoral varois.

Brun



Lucques





Brun millénaire

La pollinisation

La pollinisation au sens strict désigne la présence de pollen dans l'atmosphère indépendamment de toute intervention effective de l'homme ou d'insectes dans la fécondation. Ce terme peut également concerner le transport de grains de pollen d'une étamine sur le stigmate. L'arboriculture lui attribue une sens plus large : depuis la formation du pollen jusqu'à l'aboutissement de son effet fécondant.

Flore médicale, par E. P. Chaumeton, Chamberet et Poiret, peinte par E. Panckoucke et par P. J. F. Turpin, tome cinquième, Paris C. L. F. Panckoucke éditeur, 1818.

Les mécanismes de la pollinisation

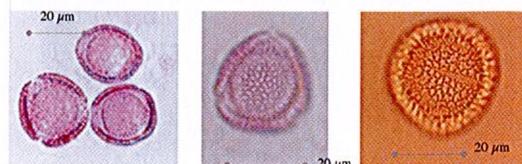
La pollinisation de l'olivier est anémophile c'est-à-dire que le pollen, très léger, est transporté sans difficulté par le vent sur de longues distances. La pollinisation est donc sensible aux conditions atmosphériques, aux périodes de froid, de brouillards et de pluies lessivant l'atmosphère.

Trois éléments interviennent dans le processus de pollinisation :

- l'origine du pollen
- sa disponibilité et son transport
- ses conditions de germination.

L'origine du pollen

La microsporogenèse débute tardivement chez l'olivier. La méiose des cellules-mères de grain de pollen s'observe de 15 à 25 jours avant le début de la floraison, au stade d'apparition des pétales, avec des anthères d'une longueur de 1,3 à 1,6 mm. À l'ouverture de la fleur et des étamines, c'est-à-dire à l'anthèse, celles-ci mesurent plus de 2 mm. À terme, chaque cellule-mère donne 4 grains de pollen de 20 microns environ.



Grains de pollen d'*Olea europaea* L. observés au microscope photonique.

La disponibilité et le transport du pollen

La propension de l'olivier à fleurir sur de jeunes rameaux singularise cet arbre à feuilles persistantes (feuilles d'une durée de vie de 2 à 3 ans) parmi les espèces fruitières. Comme tout bourgeon à l'aisselle d'une feuille d'un an peut donner une inflorescen-

ce, le nombre de bourgeons de la pousse annuelle conditionne la quantité de fleurs, soulignant ainsi une plus ou moins grande floribondité liée au rythme de croissance.
Les inflorescences (panicules) comportent de 4 à 6 ramifications secondaires opposées et de 20 à 40 fleurs pour la plupart bisexuées, à côté desquelles se trouvent des fleurs mâles (sans pistil). Quelques variétés ont des fleurs exclusivement femelles sans pollen fonctionnel (variétés mâle-stériles). La floraison a généralement lieu en position latérale, cependant, certaines années, elle peut apparaître également en position terminale sur des rameaux courts.
La floribondité élevée de l'olivier ne doit pas masquer l'importance qu'il faut accorder à la fertilité pollinique des fleurs.
La production de pollen est de l'ordre de 2 à 4 millions de grains par inflorescence chez les variétés à fruit de table et peut atteindre 8 millions chez les variétés d'huilerie. Le rapport de 1 à 3,5 entre ces deux groupes est à relier au plus grand nombre de fleurs par inflorescence et à une plus grande richesse en pollen des fleurs des variétés d'olivier destinées à l'huile d'olive.

Les cas de stérilité mâle

La stérilité mâle peut être partielle ou totale. Différents cas de stérilité peuvent être observés [1 et 2] :

• 1 : au début de la méiose, l'arrêt des divisions mitotiques (stade uninucléé à binucléé) des cellules du tapis (assise nourricière) de la loge pollinique [1] entraîne l'atrophie et la nécrose de celle-ci. Ce cas affecte 2/3 des loges polliniques de la variété Tanche, par exemple, qui de ce fait, présente une stérilité mâle partielle.

• 2 : en fin de méiose, au stade tétrade [2], l'épaississement des parois bloque la libération des microspores qui dégénèrent. C'est le cas de la variété Lucques (totalement mâle-stérile), dont la descendance peut être fertile comme par exemple la variété Moncita.

• 3 : après la tétrade, au stade microspore, la dégénérescence des microspores entraîne l'absence de formation de la paroi pollinique. C'est la cas de la variété Olivière, de même que ses descendances dont le croisement Olivière x Arbequina (cas de stérilité mâle cytoplasmique).

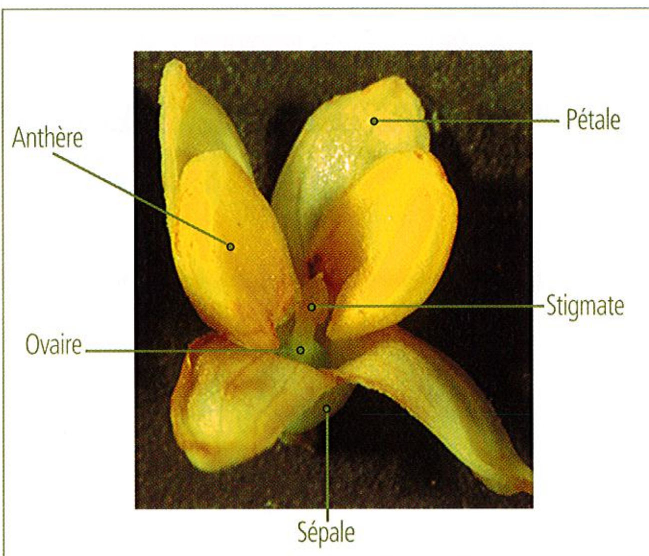
Pierre Villemur

Les conditions de germination du pollen

Pour qu'il y ait fécondation, le pollen libéré par les étamines doit atteindre le stigmate du pistil de la fleur à féconder. Le tube pollinique descend dans le style jusqu'à l'ovaire contenant deux ovules. Après fécondation de l'un d'entre eux et dégradation de l'autre, les tissus de l'ovaire formeront la chair du fruit et le noyau avec, à l'intérieur, la gemmule issue de l'ovule restant.
Les conditions de germination du pollen sont déterminantes pour la réalisation de la fécondation. Celle-ci exige un stigmate fonctionnel au moment du dépôt du pollen et des ovules réceptifs. C'est le concept de période effective de pollinisation défini comme le temps au cours duquel l'apport de pollen sur le stigmate permet la fécondation.
Des travaux sur les variétés d'olivier Lucques et Picholine ont mis en évidence d'importantes différences de longévité des ovules considérée comme le principal facteur limitant de la fécondation, alors que la réceptivité du stigmate et la vitesse de croissance des tubes polliniques ne semblent pas prépondérantes [1]. Une période effective de pollinisation de l'ordre de 8 à 10 jours chez Picholine semble suffisante pour obtenir une fructification importante. Par contre la faible aptitude à la fécondation de Lucques (période effective de pollinisation de 4 jours) est à rapprocher de l'important avortement des pistils des fleurs de l'inflorescence : près de 80% selon les conditions climatiques de l'année et les types de rameaux. La nécessité de bons pollinisateurs en est accrue.

La recherche de pollinisateurs adaptés

Les fleurs d'olivier possédant, dans la plupart des cas, à la fois les organes reproducteurs mâles et femelles, cela devrait être un atout majeur pour la fécondation. Chez la plupart des cultivars, cependant, le pollen ne peut féconder les ovules de la même variété, c'est-à-dire qu'il existe un fort taux d'auto-incompatibilité chez cette espèce. L'auto-incompatibilité à déterminisme gamétophytique [3] est prépondérante chez l'olivier. Le recours à des variétés pollinisatrices est donc quasi-obligatoire pour assurer la fécondation et donc la production d'olives.



[1] Chaque anthère contient 4 sacs appelés loges polliniques.

[2] Ensemble formé des quatre grains de pollen issus de la méiose de la même cellule-mère.

[3] Système gamétophytique d'auto-incompatibilité : seuls les grains de pollen ne portant pas les allèles de la femelle peuvent germer sur le stigmate, croitre dans les tissus du style et atteindre l'ovule.

Pour s'inter-polliniser, les variétés pollinisatrices et à polliniser doivent fleurir en même temps. Par ailleurs, l'étalement de l'ouverture des fleurs d'un même arbre implique plusieurs jours de concordance de floraison des deux variétés pour améliorer les chances de fécondation. Il faut également que le pollinisateur soit compatible avec la variété à polliniser (qu'il ne porte pas les mêmes allèles S), c'est-à-dire que son pollen puisse germer sur les stigmates de celle-ci.


Photo : Nathalie Moutier

Manchons utilisés pour l'étude des compatibilités polliniques entre variétés.

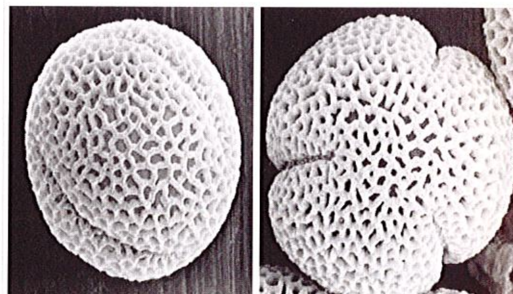
Les travaux réalisés jusqu'à présent ont essentiellement porté sur la recherche de pollinisateurs efficaces pour les variétés mâles stériles. En effet, ces variétés au pollen non fonctionnel nécessitent obligatoirement la présence de pollinisateurs pour produire.

Il semblait intéressant de généraliser à l'ensemble des principales variétés françaises d'olivier, la recherche de pollinisateurs bien adaptés, comme cela existe chez les autres espèces fruitières fortement auto-incompatibles (cerisier, abricotier...). C'est pourquoi, depuis 1997, une expérimentation a été mise en place à l'INRA de Montpellier pour connaître les compatibilités polliniques entre diverses variétés commerciales cultivées en France. Les premiers résultats acquis de 1997 à 2000 ont été publiés [3,4,5]. Ils sont d'ores et déjà utilisés par les oléiculteurs dans le choix des différentes variétés à associer dans leurs vergers pour obtenir une pollinisation efficace et donc une bonne production.

Nathalie Moutier

Le pollen : marqueur du réchauffement climatique et de la production d'olives

Les grains de pollen émis par les plantes dans l'atmosphère constituent, par leur seule présence ou par leur abondance, d'excellents témoins d'événements biologiques et climatiques qui se manifestent à une échelle régionale. Depuis plusieurs années, l'unité de Palynologie de l'École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier réalise des mesures du contenu pollinique de l'atmosphère. Les applications de ces mesures sont nombreuses notamment aux niveaux phénologiques et agronomiques.
Les observations issues de la base de données polliniques de Montpellier reflètent la pollinisation de l'olivier à l'échelle régionale.

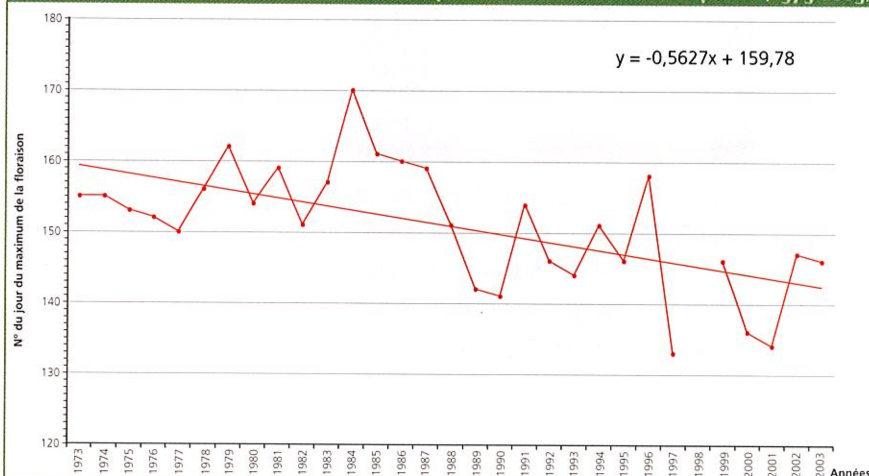


Le pollen d'olivier a une forme générale ► sphéroïdale, au contour équatorial sub-triangulaire alors que le contour méridien est circulaire, un peu elliptique. Ses dimensions sont de 21 microns pour l'axe polaire, de 22 microns pour l'axe équatorial. Il présente 3 sillons et une ornementation en réticule, à mailles larges et murs épais.

Réchauffement climatique

Si l'on retient la semaine du maximum des émissions polliniques (figure 1), qui correspond à la pleine floraison (stade F1), on observe pour la période 1973-2003 :
• une variabilité inter-annuelle importante [6]. L'écart maximum entre la date de pleine floraison la plus précoce et la plus tardive est de 25 jours (date du maximum des émissions polliniques le 158ème en 1996 et le 135ème jour en 1997). Cette variabilité est attribuable aux conditions climatiques qui prévalent depuis l'automne de l'année n-1 jusqu'à la floraison de l'année n,
• une précocité croissante des dates de pollinisation que l'on peut attribuer au réchauffement climatique. Au début des années 1970, la date moyenne du maximum des émissions polliniques était le 158ème jour (début juin). Elle se situe aujourd'hui au 143ème jour (2ème quinzaine de mai) ; ce qui représente un gain de

Figure 1 • Évolution de la date du maximum de pollinisation de l'olivier à Montpellier (1973-2003)



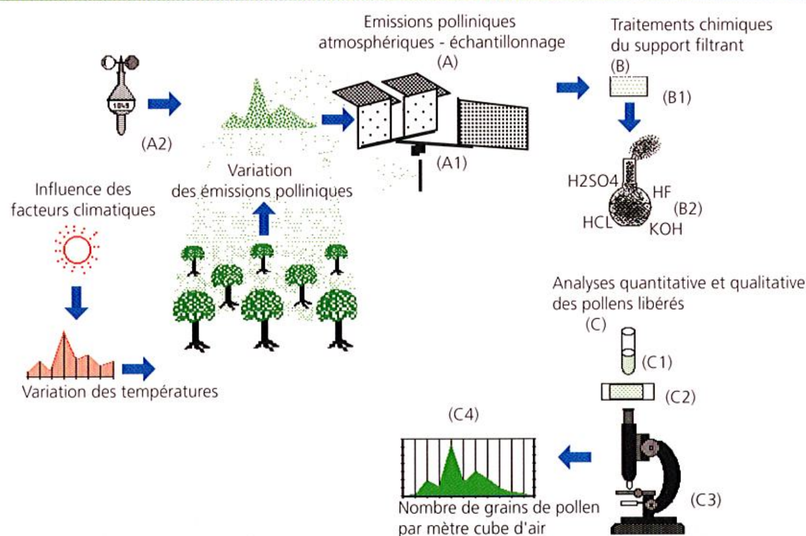
Vallée des Baux de Provence.

Photo : Office du tourisme des Baux

précocité moyen de 15 jours pour la période considérée.

Les travaux réalisés en modélisation à partir de ces mesures suggèrent une forte dépendance entre les dates de floraison et les températures de début d'année. Les modèles basés sur des besoins en chaleur (Forcing) permettent, en effet, d'expliquer près de 60% de la variance des dates de floraison. La prise en compte des besoins en froid (Chilling) permet toutefois d'améliorer significativement les modèles phénologiques ($R^2 = 0.70$). Pour le Chilling, la loi d'action de la température la plus vraisemblable est triangulaire avec une température optimale de 9° (les températures voisines, entre 6° et 12°, satisfont aussi les besoins en froid, mais de manière moins efficace et donc plus lente).

Figure 2 • Méthode aéropalynologique de prévision de récolte



Méthode aéropalynologique de prévision de récolte : capteurs de pollen sur filtres horizontaux à 2m du sol (méthode Cour, CNRS).

Prévision de récolte

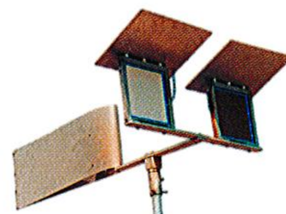
Outre les aspects phénologiques, la quantité de grains de pollen présents dans l'atmosphère au moment de l'anthèse est un très bon indicateur de la récolte à venir. Les observations réalisées ont ainsi permis de mettre au point une méthode intégrée de prévision de récolte à partir du dosage pollinique de l'atmosphère (figure 2).

La prévision, au cours d'une campagne agricole, est un facteur capital d'amélioration de la gestion des marchés.

Méthode d'interception du pollen

Les flux polliniques sont interceptés par des filtres de gaze hydrophile de 20 cm de côté, enduits d'huile de silicone, et exposés verticalement face au vent sur un intercepteur pollinique de type COUR durant des périodes de 3 ou 4 jours.

Après traitements chimiques des filtres, le résidu obtenu est mesuré et analysé à l'aide d'un microscope photonique. Ces analyses permettent, à partir des données anémométriques fournies par la station météorologique, d'estimer le nombre de grains de pollen contenus en moyenne par m^3 d'air durant la période d'exposition des filtres.



Exemple d'efficacité des pollinisateurs

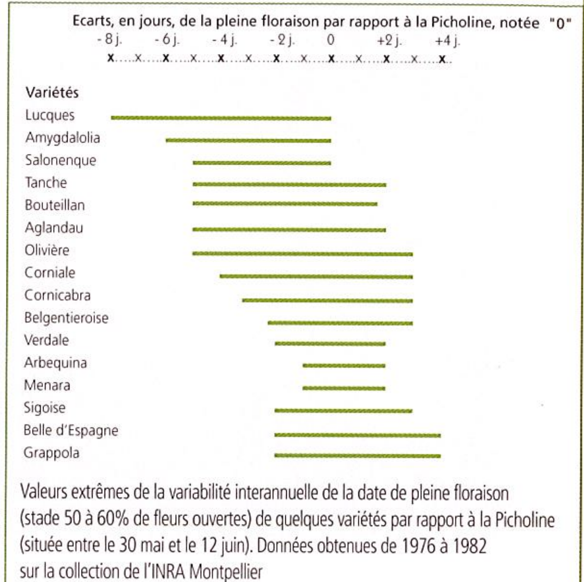
L'assortiment variétal de la région méditerranéenne constitué en grande partie de variétés allogames, comprend des variétés pollinisatrices, implantées dans les vergers de longue date ; leur meilleur choix est à rechercher dans les nouvelles plantations constituées souvent d'un choix restreint de variétés.

L'exemple de vergers de Tanche illustre cette démarche. Avec une faible densité du pollinisateur traditionnel Sauzin, la sédimentation en pollen sur des filtres horizontaux de 400 cm² à 2 m du sol est de 30 grains par mm²/jour au maximum de l'anthèse. Avec la pollinisation de la variété Cayon, en forte densité de plantation, elle culmine à 95 grains de pollen par mm²/jour, en avance de quelques jours sur la pleine floraison de la Tanche ; elle n'est plus que de 60 grains à la date de celle-ci. Loin des pollinisateurs, elle est de 15 grains par mm²/jour. Il faut noter que la surface d'un stigmate bifide de l'organe femelle est d'environ 2,5 à 3 mm². Le taux de fructification (évalué par rapport au nombre d'inflorescences) d'un échantillon de rameaux représentatif passe de 25% (pollinisateur traditionnel) à près de 40% avec la Cayon, mais de fortes compétitions entre les fruits peuvent masquer, en partie, l'efficience des pollinisateurs.

Cet exemple met aussi en évidence, à côté de la compatibilité du pollen et de son abondance pendant la période effective de pollinisation, une autre condition nécessaire à la fécondation : la coïncidence des périodes de floraison.

Le stade "pleine floraison" de la Picholine se situe entre le 30 mai et le 12 juin, sur 7 ans d'observations, à l'échelle de l'arbre, de la collection INRA de Montpellier. La variabilité du synchronisme de la pleine floraison de 16 variétés observées par rapport à la Picholine n'excède pas 10 jours. Cette relative proximité laisse de grandes possibilités d'interpollinisation mais selon les années et les terroirs, des cas extrêmes peuvent se présenter nécessitant une bonne connaissance des pollinisateurs.

Pierre Villemur et *Pierre Cour*



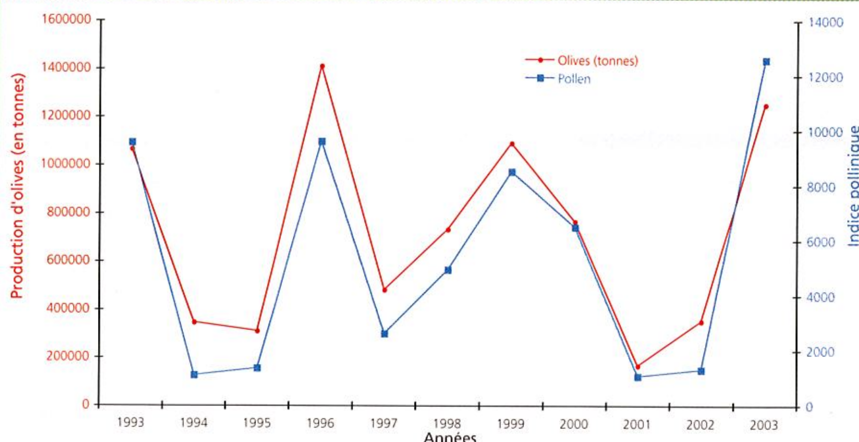
Valeurs extrêmes de la variabilité interannuelle de la date de pleine floraison (stade 50 à 60% de fleurs ouvertes) de quelques variétés par rapport à la Picholine (située entre le 30 mai et le 12 juin). Données obtenues de 1976 à 1982 sur la collection de l'INRA Montpellier

Il est ainsi possible d'intervenir plus précocement et de mettre en place des systèmes de régulation qui atténuent les effets des variations inter-annuelles des productions et adaptent l'offre et la demande. Ce besoin est d'autant plus marqué que l'on s'adresse à des marchés très spéculatifs comme celui des produits oléicoles, où la prévision du volume de la récolte à venir préoccupe l'ensemble des partenaires de la filière, tant pour des enjeux économiques que techniques (maîtrise des rendements, organisation de la récolte, gestion de la qualité du produit).

Depuis 1993, l'unité de Palynologie en collaboration avec l'Institut de l'Olivier de Tunis a mis en place un réseau de 6 capteurs qui réalisent chaque année des prévisions de récoltes par bassin de production dès la fin de la floraison, soit 6 mois avant la récolte (figure 3). Outre l'intérêt en matière de planification des marchés, les résultats obtenus permettent de comprendre et de modéliser les facteurs qui contribuent à l'élaboration du rendement.

Michel Calleja

Figure 3 • Relation entre la production totale d'olives en Tunisie et un indice pollinique calculé à partir d'un réseau de 6 capteurs *(sources : Institut de l'Olivier, Tunis)*



Biblio

[1] Villemur P., Musho S.U., Delmas J.M., Maamar M. et Ouksili A., 1984. Contribution à l'étude de la biologie florale de l'olivier : stérilité mâle, flux pollinique et période effective de pollinisation. *Fruits* 39 (7/8) : 467-473.

[2] Besnard G., Khadari B., Villemur P. and Bervillé A., 2000. Cytoplasmic male sterility in the olive (*Olea europea L.*). *Theoretical and Applied Genetics*. 100: 1018-1024.

[3] Moutier N., Garcia G., Féral S., Salles J.C., 2001. La pollinisation de l'olivier : conditions à respecter et choix des pollinisateurs. *Le Nouvel Olivier* 19 : 30-33.

[4] Moutier N., Garcia G., Féral S., Salles J.C., 2001. La maîtrise de la pollinisation en vergers d'oliviers. *Olivæ* 86 : 35-37.

[5] Moutier N., 2002. Self-fertility and inter-compatibilities of sixteen olive varieties. Fourth International Symposium on Olive Growing. Valenzano (Italie), 25-30 septembre 2000. *Acta Horticulturae* 586 : 209-212.

[6] Cour P., Villemur P., 1985. Fluctuations des émissions polliniques atmosphériques et prévisions des récoltes de fruits. 5ème colloque sur les recherches fruitières, Bordeaux 13-14 novembre 1985. Éd *INRA-CTIFL* pp 15-20.













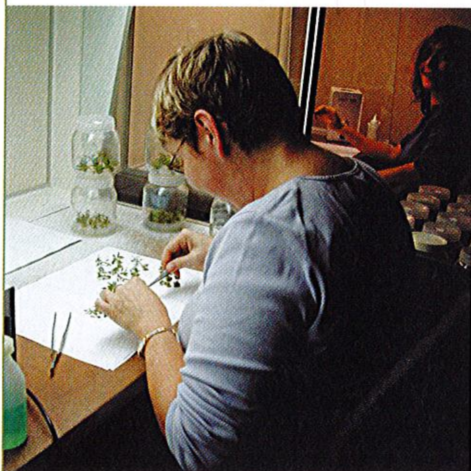
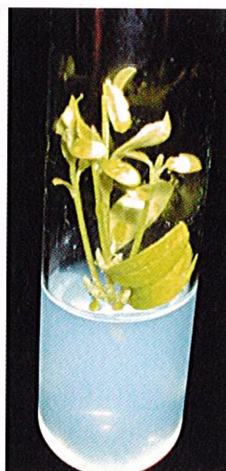




Recueil de dessins des plantes. Olivier. Photo : RMN – ©Bulloz. Aquarelle, plume. Bibliothèque de l'Institut, Paris.

La multiplication

La méthode la plus fréquente est le bouturage ; d'autres se développent : la multiplication *in vitro,* l'embryogenèse somatique... Par ailleurs, des réflexions sont menées sur l'intérêt éventuel de porte-greffe notamment pour éviter certaines maladies ou un trop grand développement de l'arbre.


De gauche à droite : UP Vitro Dijon
Culture *in vitro* de l'olivier
Vitroplant variété Lucques
Conservatoire variétal *in vitro*

Photos : Marie-Claude Lemoine

La demande en plants d'oliviers a fortement augmenté ces dernières années, à la suite de la mise en place du plan de rénovation variétale. Les pépiniéristes oléicoles, encore peu nombreux, ont tenté de répondre au mieux à cette demande croissante, tout en s'engageant dans un processus communautaire de qualité des plants (démarche CAC *Conformité Agricole Commune*).

Bouturage semi-herbacé

En France, l'olivier est essentiellement multiplié par bouturage semi-herbacé (réalisation des boutures à partir de rameaux d'un an). Cette méthode permet de réaliser, sur une surface réduite, un grand nombre de plants identiques sur le plan variétal à l'arbre d'origine. Chaque pépiniériste, grâce à son expérience, a adapté les composantes du bouturage aux variétés qu'il multiplie. Cependant, tous s'accordent à dire que la technique du bouturage peut être améliorée.

Les différents paramètres à appliquer en serre ou sous tunnel (type d'hormone, concentration hormonale, température du substrat, hygrométrie, densité...) ont fait l'objet de nombreuses études notamment par des équipes de recherche italiennes. Cependant, peu de données sont disponibles sur le type de matériel végétal à prélever et à mettre en milieu confiné (*mist* ou *fog system*). De même, on constate que le type de substrat utilisé est très différent d'un pépiniériste à l'autre.

En France, peu de travaux de recherche ont été réalisés sur ce sujet et les pépiniéristes travaillent de façon empirique. C'est pourquoi, depuis décembre 1999, un programme portant sur l'amélioration de la technique de bouturage semi-herbacé a été mis en place à l'INRA de Montpellier. Vingt génotypes français ont été étudiés pour permettre la prise en compte des différences de comportement variétal. Le dispositif utilisé a permis d'évaluer l'influence de différents facteurs sur le taux d'enracinement des boutures, donc sur la réussite de la technique. Les facteurs pris en compte dans l'étude étaient : l'époque de bouturage, le type de rameau prélevé, le type de bouture réalisé, le substrat utilisé.
Les résultats obtenus [1] montrent que l'époque de bouturage, le type de rameau prélevé et le type de substrat utilisé ont une forte influence sur ce taux d'enracinement et qu'il existe une combinaison opti-

Résonances



"Je le regardais tailler et soigner ses arbrisseaux avec une ardeur irrépressible, une passion presque jalouse. En bêchant, il caressait leurs branches et leurs fûts jusqu'aux racines. C'était quelque chose qu'il n'avait jamais pu faire avec ses propres enfants.
Il les entourait d'une ceinture d'épines pour éviter que le bétail ne vienne trop facilement les manger. Pour qu'ils poussent droit, il leur avait mis des tuteurs de joncs... Rien ne devait manquer à ses plants : c'étaient les seuls enfants qui l'attendrissaient. [...]
Bah ! c'est les vieux qui plantent et c'est les jeunes qui mangent les fruits. Toujours comme ça. Moi j'ai mangé les fruits des arbres qu'avait plantés mon père et c'est toi qui mangeras les fruits de ceux-ci... Eh oui, c'est long à réussir, une olivaie : il y faut une vie entière !"

Padre Padrone Gavino Ledda (livre dont se sont inspirés les frères Taviani pour leur film Padre Padrone)

male de ces facteurs adaptée à chaque cultivar. En appliquant ces combinaisons, les pépiniéristes français peuvent nettement améliorer le taux de reprise des boutures qu'ils réalisent et ainsi produire plus efficacement un nombre important de plants.

Nathalie Moutier et *Gilbert Garcia*

Multiplication *in vitro* et embryogenèse somatique

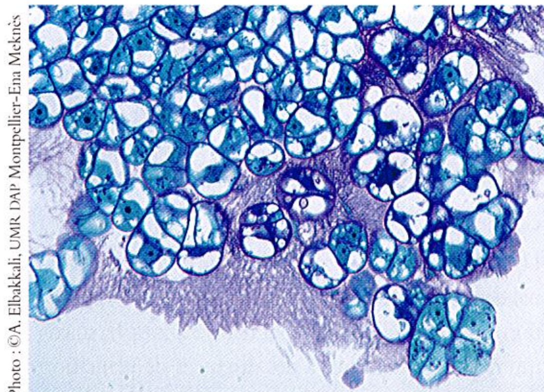
La micro-propagation de l'olivier a été mise au point à partir de travaux récents [2,3] (notamment par Agri Obtentions à l'INRA de Dijon) et à l'étranger.
Pour répondre rapidement à la demande des producteurs et en s'appuyant sur l'expérience de chercheurs italiens [2] et sur les résultats obtenus à l'INRA de Montpellier par l'équipe de Françoise Dosba, il a été demandé au laboratoire UPVitro INRA Dijon de mettre au point la multiplication *in vitro* de plusieurs variétés importantes sur le plan économique et/ou difficiles à bouturer : Tanche, Cayon, Grossane, Salonenque, Picholine, Lucques, Aglandau, Bouteillan et la petite Olive de Nice "Cailletier".
Si l'effet variétal est important pour le bouturage, il est également bien connu en micro-propagation *in vitro* et, depuis sa création, l'UP Vitro y est confronté sur toutes les espèces. Mais il est possible, en jouant sur la composition des milieux, notamment les équilibres minéraux, hormonaux et le choix des sucres de trouver des milieux spécifiques de telle ou telle variété. À ce jour, 6 variétés sont produites en routine, 6 produisent moyennement et 2 sont toujours considérées récalcitrantes, pour lesquelles il sera certainement nécessaire d'explorer de nouvelles pistes et notamment l'embryogenèse somatique.

En partenariat avec les pépinières Lafond (Valréas, 84) les phases d'acclimatation et d'élevage en serre ont été travaillées et optimisées ; la durée et l'intensité du *fog system* ainsi que la période de sevrage ont été ainsi maîtrisées et standardisées pour l'espèce. Les taux de reprise à l'acclimatation sont de l'ordre de 90% et les jeunes plants donnent des fruits dès la deuxième année.

La multiplication industrielle est à présent envisageable pour 12 variétés. Au total depuis 2002, ce sont environ 40 000 plants qui sont sortis de culture *in vitro* de Dijon pour être acclimatés, élevés aux pépinières Lafond puis plantés en verger dans le Bassin méditerranéen. Un résultat supplémentaire est venu conforter cette démarche de relance de l'oliveraie par micro-propagation *in vitro*, puisqu'il apparaît au vu des premières années d'observation que les vitroplants ont une architecture qui se révèle mieux adaptée aux plantations à haute densité.

Toutefois le taux de multiplication est variable selon les cultivars et reste relativement faible et une longue période entre 2 sub-cultures est nécessaire ; le coût relativement élevé n'est justifié et supportable au plan économique que pour des variétés difficiles à multiplier par bouturage de rameaux semi-herbacés. Cependant il existe une certaine relation entre l'aptitude au bouturage et l'aptitude à la multiplication *in vitro* ; ce qui limite encore les potentialités de la méthode. Actuellement de nouvelles pistes sont ouvertes vers le développement de recherches sur l'embryogenèse somatique.
Depuis 2004, des recherches sont engagées à l'INRA de Montpellier, en collaboration avec l'ENA Meknès, en vue d'induire une embryogenèse somatique de manière à augmenter les capacités de multiplication végétative. Elles sont inspirées des travaux italiens [4]. L'induction de cellules embryogènes a été obtenue à partir de différents tissus végétatifs (pétioles, feuilles) ou du jeune fruit (assise interne de l'endocarpe) et sur différentes variétés. Ces premiers travaux sont poursuivis dans le cadre d'une thèse co-encadrée par l'INRA.

Françoise Dosba, Philippe Chatelet et *Marie-Claude Lemoine*

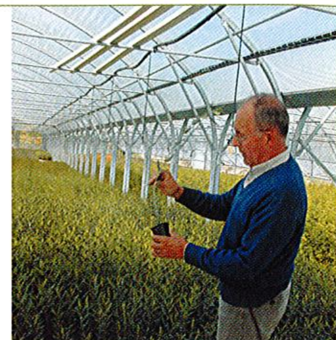

Photo : ©A. Elbakkali, UMR DAP Montpellier-Ena Meknès

Cal embryogène issu d'anthères d'Arbéquine après 3 semaines de culture (milieu d'induction Rugini et Caricato, 1995).

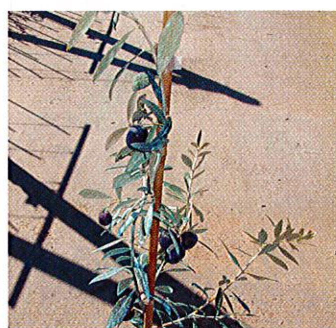
Perspectives ouvertes par le greffage

Une réflexion est menée actuellement sur l'opportunité d'utiliser des porte-greffe afin de lutter contre les champignons du sol qui s'attaquent à l'olivier (verticilliose, pourridié...) ou afin de diminuer la vigueur des arbres (recherche de porte-greffe nanisants) comme cela existe chez d'autres espèces fruitières. Des expérimentations vont être mises en place en 2007 dans ce sens. Elles permettront de tester plusieurs combinaisons porte-greffe/greffon et d'observer les différences induites par rapport aux témoins (degré de compatibilité, importance des symptômes ou diminution de vigueur).

Nathalie Moutier


Acclimatation et élevage des jeunes vitroplants aux Pépinières Lafond - Serge Lafond, Valréas.


Jeunes plants âgés de 6 mois.


Vitroplant de 2 ans en fructification, variété Aglandau - Pépinières Lafond, Valréas.

Biblio

[1] Garcia G., Moutier N., Féral S., Salles J.C., 2005. Amélioration du bouturage de 20 variétés françaises d'olivier. *Le Nouvel Olivier* 43 : 4-8.
[2] Rugini E., 1984 : *In vitro* propagation of some olive *(Olea europaea sativa L.)* cultivars with different root ability and medium development using analytical data from developing shoots and embryos. *Sci. Hort.* 24, 123-134.
[3] Sghir S., Chatelet P., Ouazzani N., Dosba F., Belkoura I. 2005. Micropropagation of eight Moroccan and French olive cultivars. *Hortscience* 40 (1).
[4] Rugini E., 1995. Somatic embryogenesis in Olive (*Olea europaea L.*) In *Somatic embryogenesis in woody plants*. Vol II (S. M. Jain, P.K. Gupta and R.J. Newton eds). Kluwer Academic Publishers P. 171-189.

La culture de l'olivier

Améliorer la conduite de l'olivier est actuellement une priorité en France en raison de la demande forte des professionnels. D'autant plus que celle-ci n'a pratiquement pas changé depuis l'Antiquité alors qu'elle s'est beaucoup développée pour d'autres espèces fruitières ; ce qui a généré des progrès intéressants pour ces espèces : pommiers, poiriers, pêchers... Des recherches se développent sur l'irrigation et la résistance au froid de certaines variétés d'olivier.

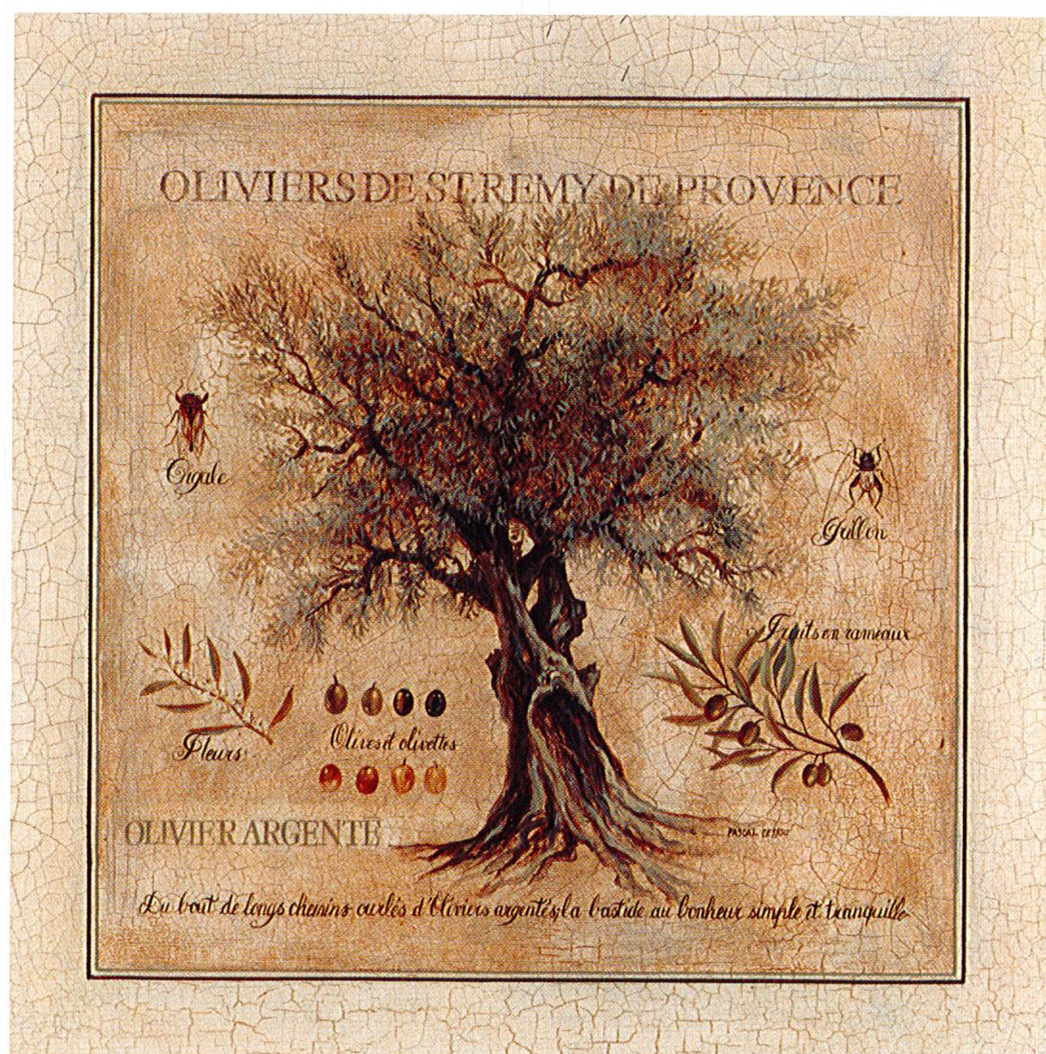


Illustration : ©2004, Éditions du Marronnier - Pascal Cessou

Architecture, conduite de l'arbre et densité du verger :
méthodes traditionnelles et évolutions actuelles

La densité de plantation doit tenir compte de la vigueur des variétés mises en place, des conditions dans lesquelles le verger est implanté et de la manière dont il sera conduit.

En cas de sol pauvre, peu profond et de culture "en sec" (absence d'irrigation), les densités de plantation seront faibles, de l'ordre de 200 arbres/ha (7 m entre rangs, 7 m sur le rang). Dans des situations agronomiques favorables (sol profond, irrigation possible, apport de fertilisation, bon contrôle phytosanitaire), la densité de plantation peut aller jusqu'à 500 arbres/ha (5x4) en conduite traditionnelle en gobelet et plus de 1000 arbres/ha (4x2,5) en conduite intensive en axe central [1].

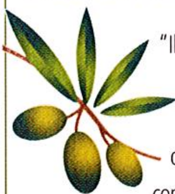
Les densités préconisées actuellement au niveau national dans le plan de rénovation variétal et en Appellation d'Origine Contrôlée sont de 416 arbres/ha maximum (ce qui équivaut à des distances de plantation de 6x4). Certains oléiculteurs expriment la volonté d'améliorer la conduite des vergers traditionnels exis-

tants par des méthodes raisonnées de taille ; d'autres voudraient également augmenter les densités de plantation (supérieures à 1 000 arbres/ha) avec un autre mode de conduite, la taille en gobelet étant inadaptée à la haute densité. Les professionnels veulent donc pouvoir d'une part, adapter la conduite en fonction de la variété cultivée, pour des conditions de sol et de climat déterminées, d'autre part, obtenir des connaissances de base pour la culture en haute densité.

Les travaux pionniers menés jusqu'à présent sur l'architecture de l'olivier [2,3] n'ont pas concerné la diversité architecturale qui existe au sein de cette espèce. Malgré leur diversité de port et de vigueur, toutes les variétés en densité classique sont encore conduites de la même façon : en gobelet. Pourtant, comme pour les autres arbres fruitiers, on sait que l'architecture de la variété a une influence sur les possibilités de production. Il est donc indispensable de prendre en compte de façon précise la variabilité d'expression de l'architecture en fonction du cultivar. C'est pourquoi nous avons entrepris une recherche approfondie sur la façon dont l'olivier s'édifie puis fructifie, notamment lors des premières années après sa plantation, en prenant en compte la variabilité des cultivars et l'influence des conditions de sol et de climat. L'une des principales valorisations techniques espérée sera l'application de modes de conduite optimisés en verger en vue d'une mise à fruit plus rapide, d'une régularisation de la production, d'une diminution des coûts de production et d'une optimisation de la densité de plantation. La caractérisation architecturale des premières années de croissance et la localisation des premières fructifications nous ont permis de dégager les résultats allant dans ce sens. On constate que les variétés ont un comportement différent, que ce soit aux niveaux du rameau fructifère de l'année [4,5], des unités de production et de renouvellement [6] ou de l'arbre entier [7].

Nathalie Moutier

Résonances



"Il reste, non loin de la grotte de Gethsémani*, un petit coin de terre ombragé encore par sept oliviers, que les traditions populaires assignent comme les mêmes arbres sous lesquels Jésus se coucha et pleura.
Ces oliviers, en effet, portent réellement sous leurs troncs et sur leurs immenses racines la date des dix-huit siècles qui se sont écoulés depuis cette grande nuit.
Ces troncs sont énormes, et formés, comme tous ceux des vieux oliviers, d'un grand nombre de tiges qui semblent s'être incorporées à l'arbre sous la même écorce, et forment comme un faisceau de colonnes accouplées. Leurs rameaux sont presque desséchés mais portent cependant quelques olives". *Alphonse de Lamartine*

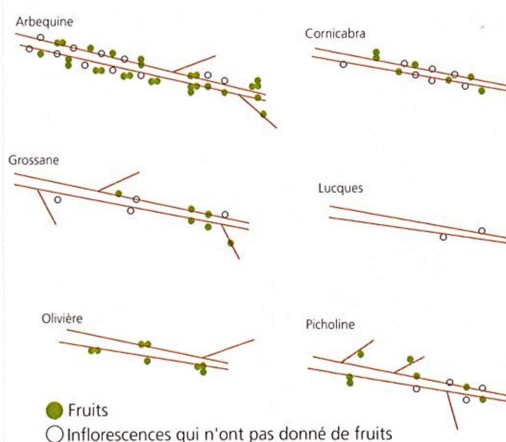
*En araméen "le pressoir à huile".
Ce lieu désignait une oliveraie au pied du mont des Oliviers.

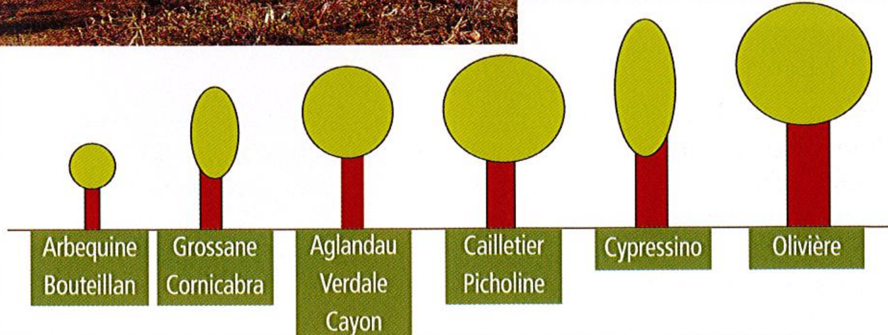
Picholine, arbre de 3 ans conduit en gobelet



Photos : Nathalie Moutier

Rameaux de 3 ans







Arbequine, arbre de 2 ans conduit en axe central.

Irrigation : en plein essor dans les nouvelles plantations

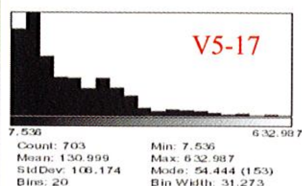
Jusqu'à récemment, la culture de l'olivier était réalisée sans irrigation, cette espèce végétale étant particulièrement bien adaptée aux conditions de sécheresse et les densités de plantation étant faibles (de 100 à 250 arbres/ha). Cependant les évolutions qui accompagnent la rénovation du verger oléicole français ont conduit à accepter jusqu'à 416 arbres/ha. De plus, certains oléiculteurs se sont engagés dans de nouveaux modes de conduite plus intensifs alliant densité élevée et intrants plus importants (irrigation, fertilisation).
Des travaux sont actuellement engagés par l'AFIDOL (Association Française Interprofessionnelle de l'Olive) et la SERFEL (Sica d'Expérimentation régionale pour les Fruits et Légumes) pour apporter des éléments de réponse à la maîtrise de l'irrigation en relation avec la quantité et la qualité des produits de l'olive et la maîtrise phytosanitaire du verger [8]. Par ailleurs, il s'agit d'étudier l'effet de la micro-aspersion sur l'optimisation de la conduite du verger (équilibre entre coûts de production et performances agronomiques, comme la régularité de production en quantité et en qualité). Enfin, il est nécessaire d'étudier l'incidence de l'irrigation sur le développement des parasites. En effet, des apports trop importants et non raisonnés dans le temps et l'espace peuvent avoir des conséquences désastreuses en favorisant notamment le parasitisme racinaire comme la verticilliose, parasite fongique, auquel sont sensibles la plupart des variétés cultivées. L'INRA apporte sa contribution à l'élaboration des programmes expérimentaux.
Dans les zones oléicoles où le facteur "eau" est limitant, par exemple en Andalousie, l'augmentation des surfaces irriguées est aussi en progression. Des travaux de recherche conséquents sont engagés en vue de déterminer et de calculer les besoins réels en irrigation, de définir les périodes de sensibilité aux stress hydriques et de programmer l'irrigation [9].

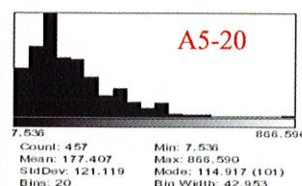
Françoise Dosba

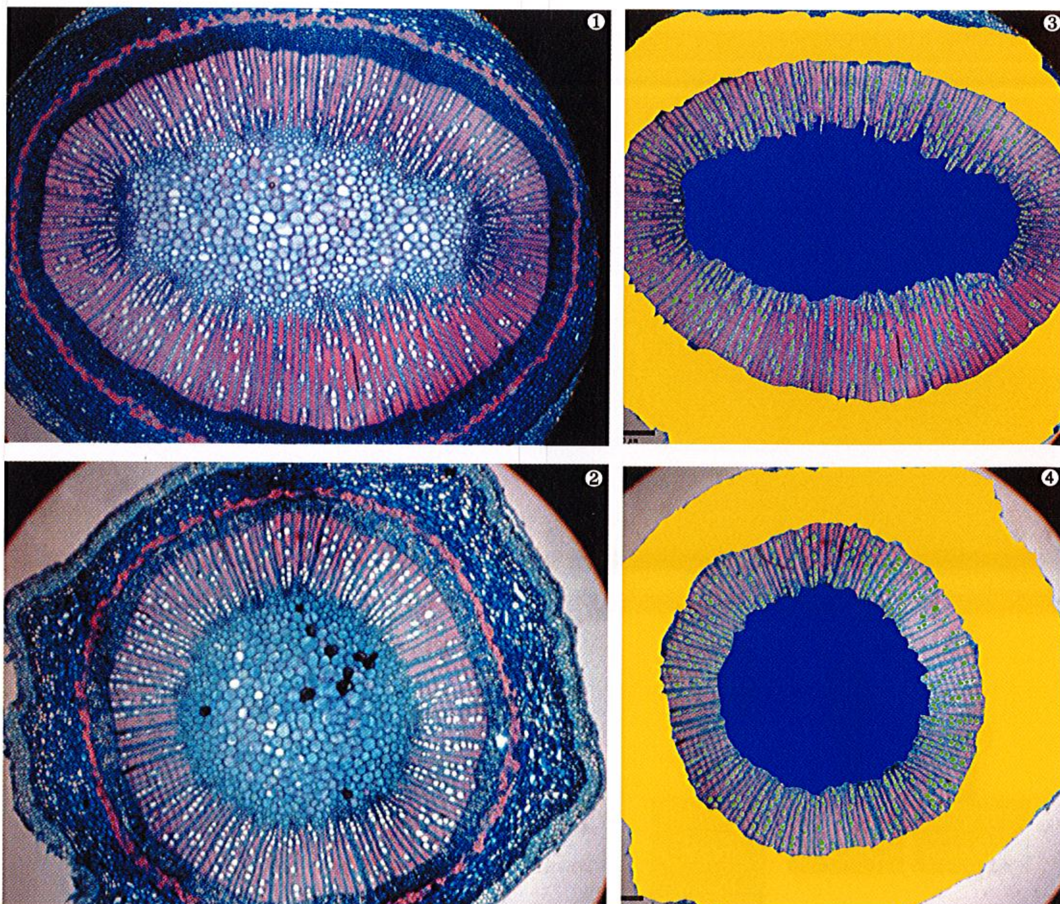
Sensibilité au froid et limite de l'aire de culture

Les hivers exceptionnellement rigoureux avec des températures gélives atteignant des seuils de -15 à -18°C entraînent de nombreux dégâts dans l'oléiculture française. Les professionnels interpellent alors les "spécialistes" sur l'état des connaissances concernant le gel des végétaux et les moyens d'en limiter les dégâts. Ces calamités ont été l'occasion de souligner que les équipes travaillant sur ce sujet ne sont pas si nombreuses.
Pourtant les principales variétés d'olivier cultivées en France sont considérées comme sensibles au gel hivernal en particulier lors de périodes de gels et de dégels successifs. Seules quelques variétés traditionnelles des Cévennes, de l'Ardèche et de la Drôme paraissent moins sensibles et pourraient donc être préconisées dans les zones à climat plus contrasté.

Quantité de vaisseaux par classes de surfaces en µm² 1ère répétition







Images : Françoise Dosba

❶ la variété Verdale de l'Hérault (V5-17) assez résistante au froid et ayant beaucoup de vaisseaux du bois (colorés en rose) et de petite superficie donc moins sensibles à l'embolie hivernale. ❷ La variété Aglandau (A5 -20) sensible au froid, ayant peu de vaisseaux, de superficie assez importante donc plus susceptibles d'être détruits par le froid. Les images ❸ ❹ correspondent au traitement d'images qui permet de repérer les tissus du bois et les vaisseaux correspondants. Les histogrammes qui en résultent permettent de répartir les vaisseaux en fonction de leur nombre et de leur surface et donc de comparer A5 20 ❹ et V5 17 ❸



"Vu aux environs de Marseille,
où on le maintient à l'état de jeune plant
afin de pouvoir récolter les olives
à la main, l'olivier est laid.
C'est un petit arbre rond et rabougri
qui semble toujours couvert de poussière et salit le paysage.
Vers Antibes et Nice, l'olivier est un arbre magnifique.
Là, on l'abandonne à lui-même. Il pousse en haute futaie ;
il a un tronc énorme, un branchage bizarre et irrité, un feuillage
fin et soyeux qui, à distance, vu en touffe, ressemble
à une fourrure de chinchilla. Il se pose dramatiquement
sur la hanche comme le châtaignier, porte ses rameaux
et ses fruits à bras tendus, et offre, comme le cèdre et le chêne,
ce mélange de grâce et de majesté propre à tous les arbres
qui ont le tronc large et la feuille petite
(Fréjus, 10 octobre 1839)". *Voyages en Provence* Victor Hugo

Actuellement, l'évaluation de la résistance au gel des variétés cultivées est estimée empiriquement par le comportement au champ depuis le dernier gel ayant entraîné le renouvellement des plantations.

Diminuer cet empirisme par l'introduction de tests d'évaluation de la résistance aux gels classiques (mortalité après conditionnement à différentes températures, LT 50 : température où 50% de lyse cellulaire est obtenue...) ou de nouveaux tests (Gelista™ [10], fluorescence chlorophyllienne...) est pourtant possible. Il apparaît donc très important de préciser ce comportement hivernal en deçà des observations réalisées au cours des hivers rigoureux.

L'INRA de Clermont-Ferrand (UMR PIAF) étudie les mécanismes de résistance au gel, en particulier les facteurs qui contribuent à l'acclimatation au gel des arbres décidus [1]. Ainsi le rôle de la gestion des réserves carbonées a été mis en évidence dans cette acclimatation. De même, l'impact du gel sur l'intégrité des systèmes conducteurs de la sève, lié à l'embolie gazeuse [11] a été étudié, comme la capacité des tissus à supporter une déshydratation lors de la formation de la glace [12]. L'utilisation de ces méthodes mises au point ou validées à l'INRA pour caractériser la résistance au gel de l'olivier est donc l'occasion de tester ces dernières sur une espèce sempervirente.

Par ailleurs, et en complément des travaux engagés à Clermont-Ferrand, une étude est entreprise à l'UMR DAP de Montpellier pour caractériser par histocytologie les vaisseaux du bois des variétés d'olivier considérées comme sensibles ou assez résistantes au froid hivernal. Les premiers résultats obtenus en 2005 semblent montrer qu'il existe des différences entre les variétés sensibles et résistantes expérimentées : la variété sensible ayant en moyenne moins de vaisseaux et de plus grandes superficies que la variété résistante.

C'est dans ce cadre qu'une convention de recherche entre l'Office National Interprofessionnel des Oléagineux, Protéagineux et Cultures Textiles (ONIOL) et l'INRA a été signée en 2004. Ce travail sur l'olivier et le froid a ainsi débuté dans les centres INRA de Montpellier et de Clermont-Ferrand depuis cette période.

Thierry Améglio, Véronique Ripetti
et *Françoise Dosba*

[1] Décidu : dont les feuilles se détachent et tombent selon un rythme saisonnier.



Peintre d'Antiménès
(6e siècle av J.-C.)
Amphore à figures noires
Photo : BPK, Berlin, Dist
RMN - ©Johannes Laurentius

Biblio

[1] Moutier N., Chol P., Lauri P.E., 2005. *De la taille à la conduite des arbres fruitiers - L'Olivier.* Éditions du Rouergue. 192-207.

[2] Villemur P., Delmas J.M., 1978. Croissance-développement chez l'olivier et alternance de production. Séminaire "L'olivier et autres plantes oléagineuses", Mahdia (Tunisie) du 3 au 7 juillet 1978. Éd. *Zidani et dufour FAO ET ONH Tunis* 1982 :27-41.

[3] Villemur P., Nseir S., Bellabas A., 1985. Complexes gemmaires et ramification en relation avec la floraison-fructification chez l'olivier et le clémentinier. Colloque international sur l'arbre, Montpellier, du 9 au 14 septembre 1985. 1986 *Naturalia Monspeliensia* : N° HS 465-472.

[4] Moutier N., 2001. Approche architecturale de la diversité génétique de l'olivier (*Olea europaea L.*) et étude de la stabilité des caractères morphologiques observés vis-à-vis du milieu. DEA *Ressources Phytogénétiques et Interactions Biologiques*, AGRO Montpellier, 15 p.

[5] Moutier N., Garcia G., Lauri P.E., 2004. Shoot architecture of the olive tree: effect of cultivar on the number and distribution of vegetative and reproductive organs on branches. 26th International Horticultural Congress, Toronto (Canada), 11-17 août 2002. *Acta Horticulturae* 636 : 689-694.

[6] Lauri P.E., Moutier N., Garcia G., 2001. Édification architecturale de l'olivier : conséquences pour la conduite des vergers. *Olivae* 86 : 38-41.

[7] Moutier N., Lauri P.E., 2004. *Natural vegetative development and fruit production of olive trees.* 5th International Symposium on Olive Growing, Izmir (Turquie), 27 sept-2 oct 2004.

[8] Argenson C., 2004. Une expérimentation oléicole à la SERFEL. *Le Nouvel Olivier* n°37 janvier/février, 23-24.

[9] Munoz-Cobo M.P., 2003. Amélioration des techniques de programmation de l'irrigation dans des situations de faible disponibilité hydrique dans les oliveraies de la province de Jaen. *Olivae* 95, 39-47.

[10] Améglio T., Ewers F.W., Cochard H., 2003 - Gelista®: a new tool for testing frost hardiness by stem diameter variations. *Acta Horticulturae* 618, 509-515.

[11] Améglio T., Bodet C., Lacointe A., Cochard H., 2002. Winter embolism, mechanisms of xylem hydraulic conductivity recovery and springtime growth patterns in walnut and peach trees. *Tree Physiology* 22 (17) : 1211-1221.

[12] Améglio T., Cochard H., Ewers F.W., 2001. Stem diameter variations and cold hardiness in walnut tree. *Journal of Experimental Botany* 52 (364): 2135-2142.

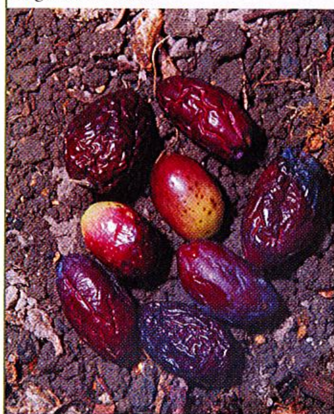
Ravageurs et maladies

Principaux parasites et ravageurs et différentes méthodes de lutte

L'olivier peut souffrir des déprédations d'une quinzaine d'insectes spécifiques dont certains sont plus spécialement nuisibles dans quelques-unes des régions de culture intensive. Mais son principal ravageur est la mouche de l'olive. Des champignons et des virus peuvent également l'attaquer. Nous n'évoquerons ici que les ravageurs les plus importants.

Toutes les illustrations sur les insectes sont de Remi Coutin.

Dégâts sur les olives.





Pupes de la mouche de l'olive.



Mouche de l'olive.

Le texte intégral est paru dans la revue *Insectes* n°130 en 2003 que nous remercions, ainsi que l'auteur, *Remi Coutin*, Office pour les insectes et leur environnement (OPIE), de leur aimable autorisation de reproduction de ces extraits. Nous reprenons ici des éléments sur les agresseurs de l'olivier.

Les insectes*

Pour la gestion des bio-agresseurs, raisonner la protection des oliveraies s'impose par une observation des symptômes, une évaluation du risque en terme de seuil de tolérance et une éventuelle décision d'intervention de traitement en fonction du développement des auxiliaires. Le bulletin des Avertissements agricoles® pour de bonnes pratiques agricoles apporte une aide précieuse aux producteurs en terme de préconisation de traitement comme c'est le cas pour la Mouche de l'olive.

• L'un des insectes les plus redoutés est la **Mouche de l'olive**, *Bactrocera (Dacus) oleae* appelée en Provence "Keïroun". Cependant, la culture en altitude limite considérablement les dégâts causés par la mouche ; en effet, les pontes sont beaucoup plus tardives qu'en plaine et l'agriculture biologique est davantage envisageable. Son corps est noir avec le scutellum blanc ivoire, les ailes hyalines avec une petite tache brune à l'apex. Elle hiverne sous forme de pupe dans le sol. Les premiers imagos volent en juin, ils sucent le miellat des cochenilles et des psylles. Chaque femelle ne pond qu'un seul œuf par olive. Les larves se nourrissent de la pulpe durant 15 jours environ. Il y a 3 générations par an, parfois davantage. La nymphose sous forme de pupe a lieu dans le sol. Les fruits attaqués prennent une couleur rougeâtre ou violacée et tombent prématurément. L'huile qu'ils contiennent prend un

*** Les insectes** Le Thrips de l'olivier, *Liothrips oleae* ; la Cochenille noire de l'olivier, *Saissetia oleae* ; la Cochenille à bouclier du lierre, *Aspidiotus nerii* ; le Psylle de l'olivier, *Euphyllura olivina* ; l'Aleurode noir de l'olivier, *Aleurolobus olivinus* ; la Pyrale de l'olivier, *Palpita vitrealis (unionalis)* ; la Teigne de l'olivier, *Prays oleae* ; la Petite Mineuse des feuilles, *Metriochroa latifoliella* ; la Zeuzère, *Zeuzera pyrina* ; l'Hylésine variable, *Leperesinus varius* ; l'Hylésine de l'olivier, *Hylesinus oleiperda* ; le Scolyte de l'olivier, *Phloeotribus scarabaeoides* ; l'Otiorrhynque de l'olivier, *Otiorrhynchus cribricollis* ; la Cécidomyie des feuilles, *Dasineura oleae* ; la Cécidomyie des écorces, *Thomasiniana oleisuga* ; la Mouche de l'olive, *Bactrocera (Dacus) oleae*.

Teigne de l'olivier.



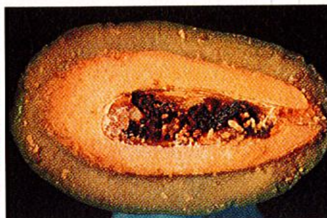
goût désagréable. Les "gobe-mouches" (pièges à insectes), appâtés avec des attractifs, permettent de détecter la présence des mouches et même d'en réduire le nombre. On utilise aussi des pièges englués.
La lutte biologique contre la Mouche de l'olive a fait l'objet de nombreux travaux dans le passé par l'INRA d'Antibes et par des chercheurs italiens, notamment en Sicile. Ces travaux ont concerné deux parasitoïdes endophages, *Opius concolor* et *Eupelmus sp.* À cette époque, ces parasitoïdes ont été considérés comme efficaces mais, en France, ils avaient beaucoup de mal à s'acclimater. Malgré une meilleure adaptation en Sicile, les Italiens ont montré que des lâchers tous les ans étaient nécessaires pour maintenir la population de mouches de l'olive en dessous d'un seuil tolérable économiquement.
Depuis cette époque, des bio-fabriques productrices d'auxiliaires ont vu le jour et pourraient permettre d'envisager des lâchers plus importants et réguliers de parasitoïdes et en particulier d'*O. concolor* à condition d'optimiser sa production. Un des enjeux d'un projet qui pourrait voir le jour dans les prochains mois est de mettre au point un procédé de production de l'auxiliaire sur un hôte de substitution, à savoir une autre mouche élevée sur un milieu synthétique dans le but de réduire les coûts de production par rapport à ceux obtenus sur un végétal de type olive ou fruit très mûr. Ce n'est plus dans ce cas une acclimatation durable de l'auxiliaire qui est visée mais une stratégie de type "traitement biologique inondatif".

• La **Teigne de l'olivier** produit trois générations annuelles. Les chenilles des trois premiers stades vivent en mineuses puis elles dévorent totalement les feuilles. Les cocons sont tissés dans les feuilles repliées par des fils soyeux. Elles pénètrent aussi dans les olives et provoquent leur chute anticipée.

• La **Cochenille noire de l'olivier** est une cochenille très féconde, (1000 à 3000 œufs) de la famille des *Coccidae*, qui ont la particularité de protéger leur ponte sous une carapace. Cet insecte est polyphage et on peut le rencontrer sur de nombreux végétaux, comme les agrumes (*Citrus spp.*) en Californie où il pose de sérieux problèmes ainsi que sur des plantes ornementales comme le laurier rose (*Nerium oleander*). *Saissetia oleae* se nourrit de la sève élaborée au niveau des rameaux et à la face inférieure des feuilles. Les dégâts directs sont peu dommageables. En revanche, le miellat que ces cochenilles produisent tend à couvrir les organes foliaires de la plante et favorise



Chenille de la Teigne.



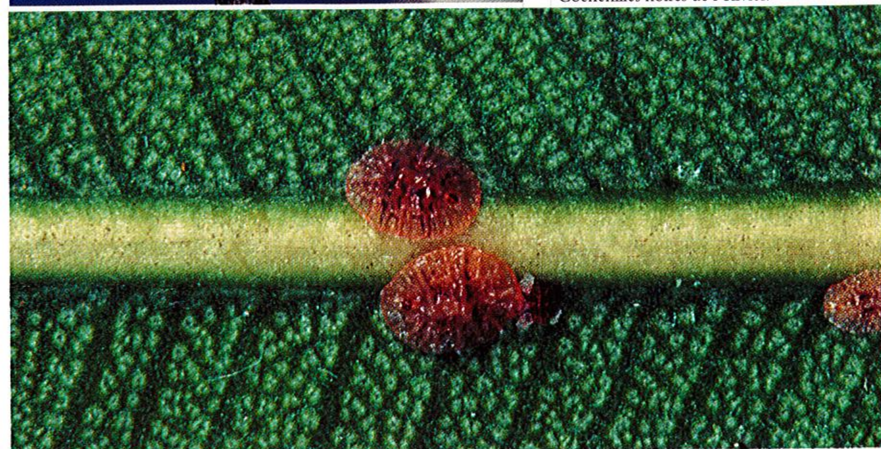
Dégâts sur l'olive.



Dégâts sur les fleurs.



Cochenilles noires de l'olivier.



l'installation d'un complexe de champignons opportunistes qui forme la fumagine. Ce sont ces dégâts indirects qui peuvent être la cause de baisses importantes de production. En effet, la pellicule noire formée à la surface des feuilles entrave la photosynthèse et affaiblit considérablement l'arbre contaminé.

Pour lutter contre cette cochenille, il existe un important cortège d'insectes parasitoïdes introduit en France notamment par Panis et Iperti [1]. Certains de ces parasitoïdes pondent sur les individus parvenus au deuxième stade larvaire, comme *Metaphycus helvolus* (Compere) (*Hymenoptera, Encyrtidae*) ou *Coccophagus pulchellus* (*Hymenoptera, Encyrtidae*).

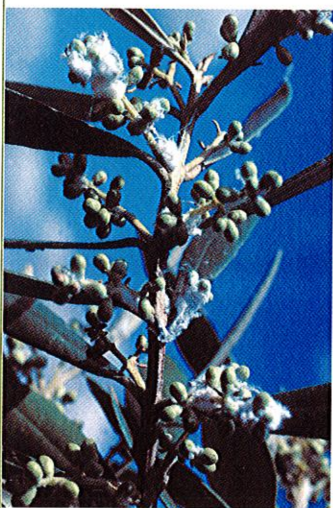
On rencontre parfois un Hyménoptère Ptéromalidé : *Scutellista cyanea*, dont les larves se nourrissent des œufs de la cochenille. Les coccinelles jouent aussi un rôle de limitation des populations de cochenilles, notamment *Rhizobius forestieri*, qui a été acclimatée dans la décennie 80.

Mais malgré ce cortège parasitaire, *S. oleae* réussit à provoquer des dégâts importants. La lutte biologique qui a été développée consiste à introduire, dans la parcelle, quelques individus de *M. lounsburyi*. Seul, ce parasitoïde pond sur les individus parvenus au troisième stade larvaire et dans les jeunes femelles immatures. Un lâcher, tous les deux à trois ans, est préconisé pour diminuer les populations du ravageur, en dessous du seuil de nuisibilité.

Cet auxiliaire est aujourd'hui commercialisé par la société Biotop, à la suite d'une licence d'exploitation engagée avec l'INRA.

• La **Cochenille à bouclier du lierre**, *Aspidiotus nerii*, est une espèce également très polyphage qui, par ses piqûres, déforme les olives et donne à leur cuticule une coloration violacée.

Un cortège parasitaire existe notamment dans le genre *Aphytis*. Ces parasitoïdes déposent leurs œufs entre le bouclier et le corps de la cochenille. La larve va se nourrir du corps de la cochenille avant de se transformer en un adulte qui percera le bouclier pour sortir.


Psylle de l'olivier.

• Le **Psylle de l'olivier**, *Euphyllura olivina*, est de petite taille (2 à 2,5 mm) et de couleur gris sombre. Ses larges ailes sont presque rectangulaires. Les adultes hivernent et les pontes printanières sont déposées en mars-avril à la face inférieure des feuilles des pousses terminales. Les larves produisent un abondant miellat.

• Occasionnellement, l'olivier peut être attaqué par le **Flatide pruineux** ou "Cicadelle blanche", *Metcalfa pruinosa* introduit accidentellement d'Amérique du Nord. Ce ravageur fait actuellement l'objet d'une lutte biologique visant à acclimater un de ses antagonistes naturels américains, l'Hyménoptère dryinide *Neodryinus typhlocybae*. Ce parasitoïde introduit en 1996 dans le Sud de la France par l'INRA d'Antibes a fait l'objet de lâchers plus intensifs depuis 1999. Il est désormais très répandu dans la majeure partie de l'aire de distribution de *M. pruinosa* en France et il contribue très efficacement à la maîtrise de ses pullulations dans les zones d'introductions les plus anciennes et plus particulièrement dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Jean-Claude Malausa

Les champignons et les virus

Comme beaucoup de plantes cultivées depuis des temps anciens, l'olivier est affecté par un certain nombre d'agents pathogènes constitués de champignons et de virus. Cependant, l'olivier ne demande que peu de traitements.

Les champignons**

En France, plusieurs champignons sont considérés comme dangereux pour la culture de l'olivier et sont donc susceptibles de justifier des mesures de lutte, généralement par traitement chimique, bien que des mesures prophylactiques soient parfois envisageables.

Nous ne développerons que ce qui concerne l'œil de paon et la verticilliose, maladies les plus redoutées.

• **L'œil de paon**

Cette pathologie se caractérise par des ocelles sur les feuilles d'où son nom. Ce symptôme remarquable s'explique par le fait que le champignon, dont on ne connaît que la forme asexuée, se développe concentriquement, à partir du point d'infection, entre la cuticule et l'épiderme de la feuille atteinte.

Les attaques sont parfois importantes, en particulier en limite nord de la zone de culture, et se soldent par une chute prématurée des feuilles, donc une perte de réserves. Cela aboutit, en plus de pertes de récolte, à la dénudation des rameaux et à l'affaiblissement de l'arbre qui doit, au bout de peu d'années, être rabattu.

Les conditions d'infection du parasite, présence d'eau pour la germination des spores, températures favorables, sont assez bien connues. Les attaques surviennent essentiellement en automne mais sont aussi possibles en hiver et au printemps, lors de périodes de pluie prolongées.

Pour lutter contre *Spilocaea oleaginea*, des spécialités commerciales à base de cuivre ou de mancozèbe sont homologuées en France. Une protection efficace par de tels fongicides, à action uniquement préventive, nécessiterait une couverture automnale continue. Cela n'est pas toujours possible, souvent pour des raisons économiques et aussi parce qu'il faut tenir compte du fait que la récolte s'effectue à cette époque-là. Depuis 2006, une spécialité commerciale contenant du Krésoxim-méthyl, substance active pénétrante et douée de propriétés curatives, est homologuée contre *S. olea-*

Œil de paon.



Photo : ©Afidol

ginea, ce qui devrait permettre une lutte raisonnée. Cependant, le Krésoxim-méthyl appartient au groupe des strobilurines, molécules qui se montrent particulièrement exposées au risque de sélection, dans les populations pathogènes visées, de souches résistantes. Lorsque la maladie est fortement installée dans un verger, il est difficile de la combattre avec les spécialités commerciales fongicides disponibles. Il faut donc essayer d'empêcher le parasite de s'installer en surveillant les sources d'inoculum possibles comme des oliviers abandonnés à proximité immédiate du verger. Beaucoup reste à faire dans bien des zones pour la mise en place d'une lutte fongicide raisonnée.

• La verticilliose

Cette maladie est très répandue dans les vergers actuels en particulier sur les jeunes arbres placés dans les meilleures conditions possibles de croissance [2].
Elle se manifeste généralement au printemps et se traduit par des dessèchements brusques de rameaux entiers et quelquefois par la mort de jeunes oliviers. Ce symptôme s'explique par l'envahissement des faisceaux vasculaires par *V. dahliae* à partir de l'infection de racines par un inoculum constitué de microsclérotes qui se conservent dans le sol.
À la coupe transversale de la tige, on observe un brunissement au niveau des faisceaux vasculaires.
Les cultures précédentes, ou des mauvaises herbes, sont à l'origine de cet inoculum car le parasite n'est pas spécifique de l'olivier. Comme pour la plupart des maladies conservées dans le sol, les moyens de lutte sont limités. Des résistances variétales existent chez l'olivier. Les monocotylédones n'hébergent pas *V. dahliae*, ce qui peut orienter le choix d'une parcelle de plantation.

Les virus

De nombreux virus peuvent être détectés chez l'olivier. Certains sont fréquents comme le virus des taches annulaires latentes du fraisier *(Strawberry latent ringspot virus)*, le virus de la mosaïque de l'arabette *(Arabis mosaic virus)*, le virus de l'enroulement foliaire du cerisier *(Cherry leafroll virus)*, le virus de la mosaïque du concombre *(Cucumber mosaic virus)* ou le virus associé à la jaunisse foliaire de l'olivier *(Olive leaf yellowing associated virus)*. Huit autres virus ont été identifiés chez l'olivier mais sont rarement détectés.
Ils appartiennent à différents groupes de virus parmi lesquels on peut citer les Nepovirus, les Cucumovirus ou les Closterovirus. Souvent présents à l'état latent, leur incidence sur les oliviers est encore mal connue. Ils sont toutefois pris en compte dans les systèmes de certification qui assurent la qualité sanitaire du matériel végétal destiné à la propagation des plants. Il n'existe pas de moyens de lutte chimique contre les virus. La seule méthode utilisée est la sélection sanitaire qui consiste à repérer du matériel sain en effectuant des indexages biologiques ou des tests de détection sérologiques ou moléculaires.

Bernard Poinso et *Françoise Dosba*

** Les champignons

Les champignons le plus fréquemment rencontrés dans les olivettes sont :
- *Spilocaea oleaginea* (Cast.) Hughes (= *Cycloconium oleagineum* Cast.), agent de l'œil de paon
- *Verticillium dahliae* Klebahn, agent de la verticilliose
- *Armillaria mellea* (Vahl.: Fries) Quélet, agent du pourridié
- *Mycocentrospora cladosporioides* (Sacc.) Costa (= *Cercospora cladosporioides* Sacc.), agent de la cercosporiose
- La fumagine causée par divers champignons saprophytes.

Biblio

[1] Jourdheuil P. 1986 - La lutte biologique à l'aide d'arthropodes entomophages. Bilan des activités des services français de recherche et de développement. *Cahiers de Liaison OPIE*, 20 (2), 3-48.
[2] Vigouroux, A. *Verticillium dahliae*, agent of an olive decline in France. *Annales de Phytopathologie* 7 (1) : 37-44 1975.

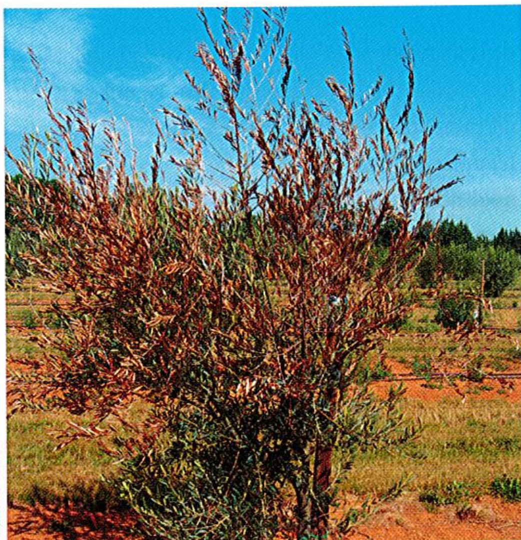


Photo : ©Afidol

Pour en savoir plus

- Alford D.V., 1994 - *Ravageurs des Végétaux d'Ornement* -Version française : Commeau M. F., Coutin R., Fraval A., Éd. INRA, 464 p.
- Arambourg, Y., *Entomologie oléicole*. Conseil oléicole international, Madrid, 360 p.
- Balachowsky A. et Mesnil L., 1935 *Les insectes nuisibles aux plantes cultivées* Éd. Busson, Paris
- Bonnemaison L., 1962 - *Les ennemis animaux des Plantes cultivées et des forêts* Éd. S E P, Paris
- Les ravageurs de l'olivier sont en ligne - fiches avec illustrations- à www.inra.fr/ hyppz, encyclopédie européenne des déprédateurs des cultures et des arbres fruitiers.
- ACTA, 2004. Index Phytosanitaire. ACTA. Paris. 804 p. http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/ www.oliveoilsource.com/pests.htm Martelli G.P., Salerno, M., Savino V. and ProtaU. 2002. An appraisal of diseases and pathogens of olive. *Acta Hort.* (ISHS) 586:701-708 http://www.actahort.org/books/586/586_150.htm
- Mulè R., Fodale A.S. and Tucci A. 2002. Control of olive verticillium wilt by trunk injection with different doses of fosetyl-al and benomyl. *Acta Hort.* (ISHS) 586:761-764. http://www.actahort.org/books/586/586_164.htm
- Nigro F., Ippolito A., Gallone P., Romanazzi G., Carmignano P. and Laccone, G. 2002. Cercosporiosis of olive in apulia and attempts to control the disease. *Acta Hort.* (ISHS) 586:773-776. http://www.actahort.org/books/586/586_167.htm
- Tjamos, E.C., 1991. Recovery of olive trees with *Verticillium* wilt after individual application of soil solarization in established olive orchards. *Plant Disease* 75: 557-562.

Les produits et les usages de l'olivier

Les olives et l'huile d'olive sont des produits bien connus de l'olivier. L'huile d'olive est un aliment emblématique dans toute la Méditerranée. Des recherches génétiques concernent sa traçabilité*. Les signes de qualité se développent, notamment les AOC.
Dans des temps anciens, elle était source d'éclairage. De tous temps, elle entre dans la fabrication de parfums, de savons renommés de Marseille, d'Alep**... Elle est aussi riche en composants : acide oléique et polyphénols, qui diminuent les risques cardio-vasculaires ou l'ostéoporose. Des substances provenant de l'olivier et de l'huile d'olive entrent dans la composition de produits pharmaceutiques. La valorisation d'autres sous-produits est plus inattendue : • dans les pays du Sud de la Méditerranée, les grignons dont on a retiré les coques ainsi que des feuilles et des brindilles de l'arbre sont donnés comme aliments au bétail • les coques et les coupes de bois sont utilisées comme sources d'énergie • les margines peuvent devenir des fertilisants.

* Traçabilité "preuves quant à l'origine et aux technologies utilisées pour transformer un produit de base en un produit fini commercial".

** La Mésopotamie a vu naître le Pain d'Alep dont la fabrication demeure inchangée depuis la Haute Antiquité : à base d'huile d'olive (72%), il est cuit au chaudron et enrichi en huile de laurier (20%). Séché 9 mois au soleil, sa dureté (8% d'eau), sa forte teneur en huile (92%) et l'absence totale d'alcalin assurent sa qualité. Il flotte dans l'eau. Le pain d'Alep laurier 20% est le plus adapté à la toilette du visage.

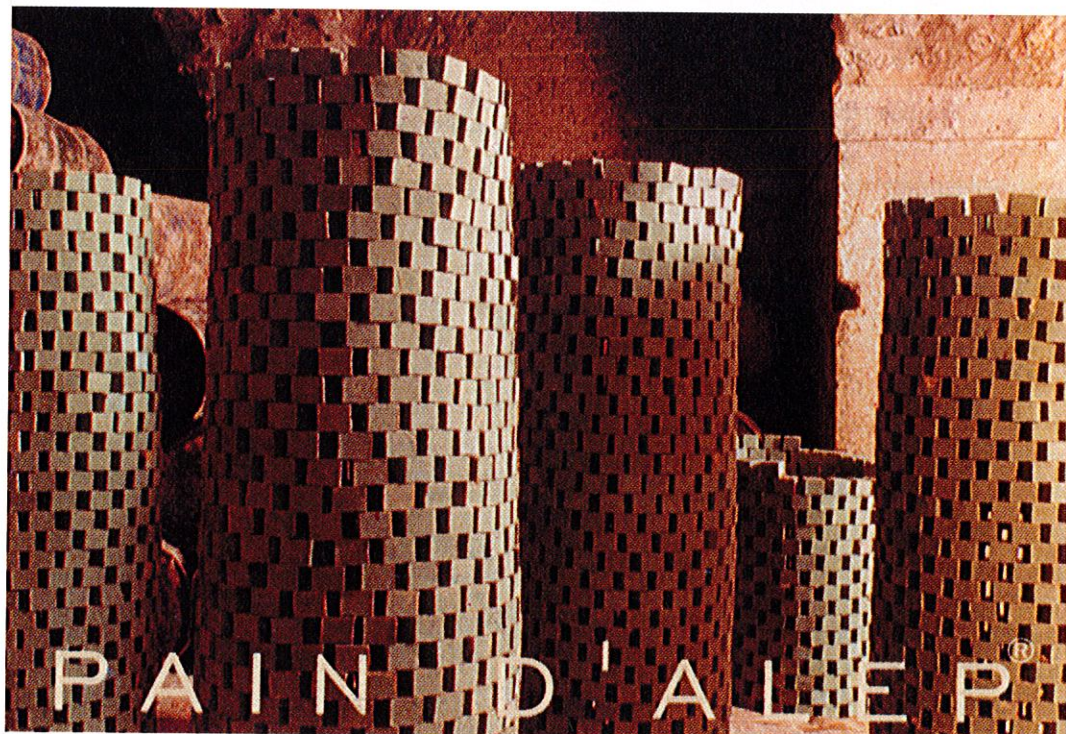


Photo : ©Tadé, Pays du Levant

Les produits sont essentiellement des olives de table et de l'huile. Les usages de l'huile sont nombreux, en alimentation, en médecine, en onguent...

L'huile d'olive :
recherches des origines génétiques, des applications nombreuses et utiles

Traçabilité de l'huile

La diversité des huiles d'olive est extrême, elle dépend des cultivars (monovariétale ou assemblage), du degré de la maturation des olives, de leur vieillissement une fois cueillies (fraîches ou fermentées, ce qui est interdit maintenant), des méthodes de trituration et d'obtention de l'huile. L'huile vierge, première pression à froid, ne se conserve que 18 mois. Elle est consommée en salade ou en fritures, et chaque huile a un usage [1]. L'huile d'olive vierge contient un grand nombre de composés, certains aromatiques qui proviennent du métabolisme, et de l'ADN libéré au moment de l'écrasement des olives. L'olive est constituée par le tissu maternel et donc l'huile possède des caractéristiques identiques d'une olive à l'autre, bien que l'olivier soit fortement hétérozygote. L'ADN récupéré de l'huile a

[1] L'étude fondamentale sur les origines génétiques de l'olivier permet également des applications pratiques, comme l'authentification des variétés d'oliviers avant leur plantation et la traçabilité de l'huile. L'intérêt des travaux de génétique n'est pas qu'historique. Ils permettent d'avoir une meilleure connaissance des ressources génétiques disponibles pour l'amélioration de l'olivier. Ils permettent également de garantir l'identité et l'origine des variétés commercialisées et ainsi d'éviter des plantations avec des variétés non adaptées au climat ou aux besoins des arboriculteurs. (Travaux en partenariat avec la société Phylogene à Nîmes développant la traçabilité des aliments et habilitée par l'INRA pour ces applications).

Normes strictes : catégories d'huile d'olive et appellations d'après les règles de la Communauté européenne

Catégories d'huile d'olive	acidité équivalent acide oléique*	Caractéristiques
• Huile d'olive vierge	goût absolument irréprochable	pas de goût dû à la surmaturité des fruits et aux fermentations
• Huile d'olive extra vierge	1 g pour 100 g	
• Huile d'olive fine vierge	moins de 2 g pour 100 g	
• Huile d'olive vierge	moins de 3.3 g pour 100 g	acidité élevée, origine connue
• Huile d'olive courante vierge	moins de 3,3 g pour 100 g	acidité élevée, origine inconnue
• Huile d'olive lampante** vierge	moins de 3,3 g pour 100 g	acidité élevée, non consommable
• Huile d'olive raffinée	0,5 g pour 100 g	huile d'olive vierge raffinée
• Huile d'olive	1,5 g pour 100 g	mélange huile d'olive entre raffinée et vierge
• Huile d'olive brute de grignons		grignons d'olive traités avec solvants
• Huile d'olive de grignons raffinée	0,5 g pour 100 g	huile d'olive raffinée de grignons
	1,5 g pour 100 g	mélange huile d'olive de grignons huile d'olive raffinée entre olive et grignons et huile d'olive vierge non lampante

*acidité exprimée en acide oléique neutralisé par la soude. **propre à alimenter une lampe à flammes.

D'après Breton C., Claux D., Metton I., Skorski G., Bervillé A., 2004b Comparative study of methods for DNA preparation from olive oil samples to identify cultivar SSR alleles in commercial oil samples: possible forensic applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(3); 531-537 et www.info-huiledolive.net/pdf/VERSIONI.pdf

permis de retrouver le/les génotypes qui avaient produit les olives [2]. Bien entendu, les composés aromatiques permettent aux experts de reconnaître, par l'odeur et le goût, la provenance des huiles mais ce n'est pas accepté légalement. Le test ADN d'identification du cultivar ou de contamination d'une huile par un cultivar étranger à la région de production est, quant à lui, tout à fait valide légalement.

L'utilisation de l'ADN pour identifier les cultivars et celle des métabolomes (tous les composés provenant du métabolisme et du catabolisme chez l'olivier) pour évaluer les modifications apportées par les effets environnementaux garantissent un contrôle strict du marché des huiles d'olive [3]. (Voir note 2 "Oliv-Track").

Catherine Breton et *André Bervillé*

Résonances



"Souvent les hommes mangeaient sur place, pendant que les "escourtins" étaient sous les presses. Ils s'installaient de leur mieux sur les sacs d'olives et mangeaient à tour de rôle pour ne pas arrêter le travail. Leurs repas leur étaient apportés deux ou trois fois par jour par un membre de la famille. La chaleur était trop élevée à l'intérieur du moulin, les hommes ne pouvaient pas souvent sortir de crainte d'être congestionnés par le brusque changement de température. Ils se trouvaient privés d'aller un moment à leur café ou à leur cercle. [...] Le moulin à l'huile était aussi l'endroit rêvé pour ceux qui n'avaient rien à faire, les jours de mauvais temps ou le soir à la veillée. Tout en se chauffant, ils venaient raconter les nouvelles du village à ceux qui travaillent. Parfois aussi, un musicien amateur faisait entendre quelques airs connus, et ces quelques distractions faisaient passer un bon moment à ces rudes travailleurs. Le temps passait un peu plus vite et la tâche était un peu moins lourde à supporter"...

Lourmarin à la belle époque, Henri Meynard

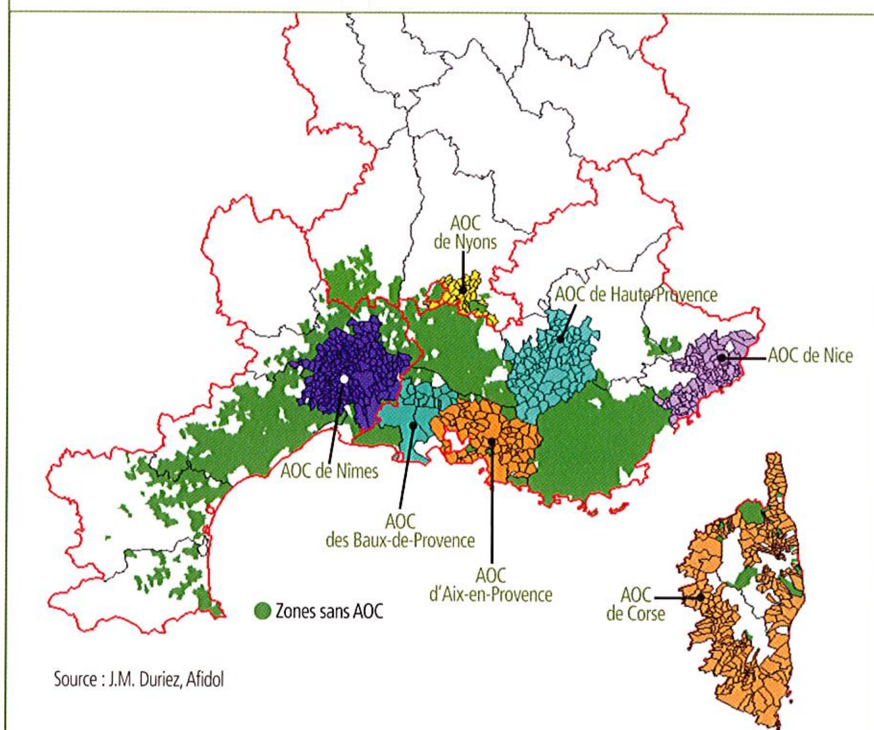
Les signes de qualité

Des stratégies de valorisation pour un produit rare et de qualité ont été mises en œuvre depuis une dizaine d'années. Le signe de qualité essentiel recherché en France pour les produits de l'olive est l'AOC (Appellation d'Origine Contrôlée).

Ce signe se rapporte à un terroir ; c'est le cas par exemple de la première AOC obtenue en 1994 pour l'olive et l'huile de Nyons dont les qualités et la typicité proviennent de la variété Tanche, sur un terroir de 57 communes autour de la ville de Nyons. Par ailleurs les facteurs humains et naturels sont pris en compte pour l'acceptation du dossier, démarche qui s'inscrit dans la continuité et la durabilité.
Actuellement, 7 zones de production et de cultivars d'olivier ont obtenu une AOC, dont les 2 dernières en 2004 pour la Corse et le Gard. Quatre demandes sont en projet pour le Var, le Vaucluse, l'Ardèche et l'Hérault. La production en AOC représente un tiers de la production française et participe grandement à la valo-

[2] Oliv-Track : Traceability of origin and authenticity of olive oil by combined genomic and metabolomic approach. Traçabilité et authenticité de l'origine de l'huile d'olive par une approche combinée génomique et métabolique. Oliv–Track est un programme européen, auquel l'INRA participe en collaboration avec trois équipes françaises : l'AFIDOL, la société Phylogene et l'université de Corse. Il réunit 14 équipes européennes. Il traite de la traçabilité et de l'authenticité de l'origine des huiles d'olives en combinant deux approches complémentaires la génomique et les métabolomes. Les huiles commerciales ont été choisies afin de rendre faisable ce programme en trois ans. Une base de données est en construction et inclura des données scientifiques, commerciales et des procédés de fabrication dans l'Union européenne. Ce programme établira une méthode analytique basée sur l'ADN et les composés biochimiques. Il s'inscrit dans le contexte actuel de sécurité alimentaire (détection de fraudes, protection du consommateur) et de valorisation des produits de qualité. Il a donc pour objectif d'élaborer un outil performant et complet d'identification des cultivars et de détection des huiles exogènes dans l'huile d'olive. Cette huile ayant une forte valeur ajoutée, il est tentant en effet de lui substituer une huile de tournesol ou de noisette. www.dsa.unipr.it/foodhealth/oliv-track/index.html

[3] Base de données constituée par l'INRA pour les marqueurs moléculaires et l'AFIDOL pour les métabolomes (contrat DADP2).



Source : J.M. Duriez, Afidol

Liste des Appellations d'Origine Contrôlée (AOC) pour les olives et huiles d'olivier en France

Appellation	Zones	Variétés principales	Décret (D) ou arrêté (A) au J.O.
• Olives noires de Nyons	5 cantons de Drôme et Vaucluse	Tanche	D. 10 janvier 1994 A. 24 novembre 1994 D. 8 avril 1997
• Huile d'olive de Nyons	5 cantons de Drôme et Vaucluse	Tanche	D. 10 janvier 1994 D. 26 novembre 2003
• Huile d'olive de la Vallée des Baux-de-Provence	16 communes des Bouches-du-Rhône	Salonenque, Beruguette, Grossane, Verdale des Bouches-du-Rhône	D. 27 août 1997
• Olives cassées de la Vallée des Baux-de-Provence	16 communes des Bouches-du-Rhône	Salonenque, Beruguette	D. 27 août 1997
• Olives noires de la Vallée des Baux-de-Provence	16 communes des Bouches-du-Rhône	Grossane	D. 27 août 1997
• Huile d'olive de Haute-Provence	certaines communes des Alpes de Haute-Provence, des Bouches-du-Rhône, du Var, du Vaucluse	Aglandau	D. 13 décembre 1999
• Huile d'olive d'Aix-en-Provence	certaines communes des Bouches-du-Rhône et du Var	Aglandau, Cayanne, Salonenque	D. 13 décembre 1999
• Olive de Nice (huile d'olive, olive de table et pâte d'olive)	certaines communes des Alpes-Maritimes	Cailletier exclusivement	D. 20 avril 2001
• Huile d'olive de Nice	certaines communes des Alpes-Maritimes	Cailletier exclusivement	D. 26 novembre 2004
• Huile d'olive de Corse ou huile d'olive de Corse-Oliu di Corsica	certaines communes de la Corse du Sud et de la Haute-Corse	Sabine, Ghjermana, Capannace, Raspulada, Zinzala, Aliva Néra, Curtinese	D. 28 novembre 2004
• Huile d'olive de Nîmes	certaines communes du Gard et de l'Hérault	Picholine, Négrette, Noirette	D. 17 novembre 2004
• Olive de Nîmes	certaines communes du Gard et de l'Hérault	Picholine (olive verte)	D. 23 octobre 2006

risation des produits. En effet, les huiles sont vendues entre 2 à 5 fois plus cher qu'en Espagne et 1,5 fois plus cher qu'en Italie. Ce dernier pays développe des stratégies de valorisation et de communication analogues à celles de la France, (AOP) mais avec des tonnages beaucoup plus conséquents à écouler.

(Voir carte AOC).

Françoise Dosba

L'huile d'olive dans l'alimentation humaine

L'huile d'olive est l'aliment emblématique du régime méditerranéen. Par "huile d'olive", nous entendrons ici la forme "huile d'olive vierge extra première pression à froid", équivalente à un jus de fruit. Cette huile est associée à différentes cultures du Bassin méditerranéen et sa consommation progresse partout dans le monde.

L'huile d'olive est riche en composants bénéfiques, acide oléique et polyphénols.

Elle est constituée, comme toutes les huiles de table, d'une partie lipophile représentée par une fraction triglycéridique dont les acides gras sont les composants fondamentaux, et par une fraction insaponifiable dans laquelle se trouvent le squalène, la vitamine E, des stérols, la chlorophylle et la lutéine.

Parmi ces acides gras, l'acide oléique représente à lui seul 70 à 80 g pour 100 g d'huile. C'est un acide gras mono-insaturé, peu sensible à l'oxydation, auquel on attribue notamment des propriétés hypocholestéro-

Résonances



"Je suis collé des deux mains dans cette glu d'olives. Que Dieu à l'instant même ferme le monde comme un livre et dise : c'est fini ; que la trompette sonne l'appel des morts, je me présenterai au jugement en caressant des olives dans mes poches ; et si je n'ai plus de poches, je caresserai des olives dans mes mains ; si je n'ai plus de mains, je caresserai des olives de mes os, et si je n'ai plus d'os, je suis sûr que je trouverai un "truc" pour continuer à caresser des olives : ne serait-ce qu'en esprit". *Jean Giono*

"Nous ne sommes pas sur la Côte d'Azur ici. Nous ne gaulons pas les olives. Quelle idée de gauler les olives ! Comme de vulgaires noix ! Pour arriver à les gauler, d'ailleurs, il faut attendre qu'elles soient, non pas mûres mais blettes, comme des nèfles, ce qui donne une huile sans goût. Est-ce qu'on peut imaginer une civilisation de la nèfle ! Nous sommes de la civilisation de l'olive, nous autres. Nous aimons l'huile forte, l'huile verte, l'huile dont l'odeur dispense de lire l'*Illiade* et l'*Odyssée*". *Jean Giono*

lémiante [4]. D'autres huiles aujourd'hui sont riches en acide oléique. La richesse en acide oléique n'est donc pas, au plan nutritionnel, une caractéristique spécifique de l'huile d'olive.

L'huile d'olive est également constituée de composants mineurs hydrosolubles qui lui sont spécifiques : les polyphénols, dont les plus importants sont l'oleuropéine (voir l'article suivant sur l'ostéoporose) et son produit d'hydrolyse, l'hydroxytyrosol. Ces dernières années, l'intérêt nutritionnel pour ces composés polyphénoliques est allé grandissant. Il faut dire qu'ils contribuent aux deux caractéristiques les mieux connues, voire les plus recherchées, de l'huile : une grande stabilité à la cuisson et des caractéristiques organoleptiques particulières (spécialement l'amertume et le piquant, qui ne sont pas considérés, rappelons-le, comme des défauts, mais comme des composantes de son "goût"). Nous verrons que ces composés polyphénoliques, notamment l'hydroxytyrosol, confèrent également à cette huile des propriétés particulières favorables à la santé -réduisant entre autres les risques cardio-vasculaires-propriétés qui s'avèrent pour certaines complémentaires de celles que l'on attribue depuis plus longtemps à l'acide oléique.

L'acide oléique

Cet acide contribue à réduire les risques cardio-vasculaires en raison de trois propriétés :

• Acide oléique et protection contre l'oxydation des lipoprotéines de basse densité

In vitro, l'acide oléique incubé en présence de lipoprotéines de basse densité (LDL), l'une des formes de transport du cholestérol dans le sang, diminue, en fonction de la dose, l'oxydation des LDL. Chez l'homme et l'animal, l'acide oléique, lorsqu'il est considéré comme la seule variable alimentaire, diminue l'oxydabilité des LDL, confirmant ainsi par une approche *ex vivo* les résultats des études *in vitro*. L'acide oléique incubé en présence de macrophages (une forme de globules blancs présents dans la paroi vasculaire dès le début du processus athérogénique) diminue la production d'une espèce réactive de l'oxygène (l'anion superoxyde) responsable de l'oxydation des LDL. L'acide oléique est donc capable de réduire l'oxydation des LDL : soit directement, grâce à ses propriétés de résistance à l'oxydation, soit indirectement par son effet inhibiteur de la production d'éléments responsables de l'oxydation des LDL. Du fait des multiples rôles [1] joués par les formes oxydées des LDL dans le processus athérogénique au niveau de la paroi vasculaire, une meilleure protection des LDL contre l'oxydation par l'acide oléique peut être légitimement interprétée comme une protection accrue contre ce processus et son résultat final, l'athérosclérose.

• Acide oléique et cholestérolémie

Il est aujourd'hui largement admis que l'acide oléique est hypocholestérolémiant lorsqu'il remplace dans l'alimentation des acides gras saturés ou des glucides. Cet effet de l'acide oléique est dû à une réduction du cholestérol transporté par les lipoprotéines de basse densité [2, 3]. Par ailleurs, l'acide oléique ne modifie pas ou augmente le cholestérol des lipoprotéines de haute densité. Or, il est connu que la diminution du cholestérol transporté par les lipoprotéines de basse densité et l'augmentation du cholestérol transporté par les lipoprotéines de haute densité sont associées à une réduction du risque cardio-vasculaire. Du fait de ses effets sur ces deux formes de cholestérol circulant, l'acide oléique est considéré aujourd'hui comme un composant de l'alimentation au moins aussi bénéfique vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires que l'acide linoléique. Celui-ci, en effet, réduit le cholestérol transporté par les lipoprotéines de basse densité mais aussi le cholestérol transporté par les lipoprotéines de haute densité.

[4] Le taux de cholestérol dans le sang (cholestérolémie) est un facteur de risque cardiovasculaire important. Le cholestérol est transporté dans le sang par deux classes de lipoprotéines : le cholestérol LDL (Low Density Lipoproteins), qui est le "mauvais" cholestérol car c'est lui qui est susceptible de se déposer dans la paroi des artères, et le cholestérol HDL (High Density Lipoproteins), qui est le "bon" cholestérol, le cholestérol protecteur, car c'est celui qui revient des tissus (et notamment de la paroi des vaisseaux) vers le foie.

[5] Le diabète est un facteur de risque de maladies cardio-vasculaires.


Photo : Christophe Maître

L'huile d'olive dans la diète méditerranéenne

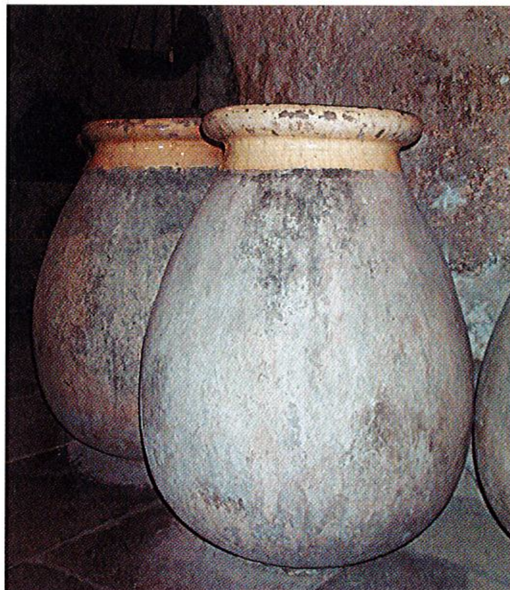
Les recherches menées à Barcelone par l'Institut municipal d'Investigations médicales confirment ces résultats.

Il y a deux types de constituants par lesquels l'huile d'olive pourrait exercer une action favorable sur la santé. En premier lieu, les acides gras alimentaires influencent directement le profil des lipides du sang et diminuent le risque cardio-vasculaire. Les acides gras alimentaires mono-insaturés réduisent le risque de développement de maladie coronarienne. De plus, sa consommation réduit la sensibilité des lipoprotéines de basse densité à l'oxydation en changeant la composition des acides gras. L'oxydation des lipoprotéines de basse densité est le signe majeur du développement de l'athérosclérose et des maladies coronariennes. L'huile d'olive vierge contient des antioxydants tels que la vitamine E, des composés phénoliques et, en petites quantités, du b-carotène, tocophérols, caroténoïdes, flavonoïdes...

Le second type, les composés phénoliques, dans des études expérimentales *in vitro* et avec des animaux, se révèlent être des antioxydants très forts. En plus, ils inhibent l'agrégation des plaquettes et augmentent la vaso-relaxation. Les composés phénoliques de l'huile d'olive sont bien absorbés dans le corps humain à partir de doses modérées (25 ml) d'huile d'olive vierge. L'ingestion d'huile d'olive vierge augmente le contenu antioxydant des lipoprotéines de basse densité humaines, rendant celles-ci plus résistantes à l'oxydation. Dans quelques études réalisées chez l'homme, l'huile d'olive riche en composés phénoliques a conduit à plus d'effets antioxydants que les huiles d'olive avec un niveau bas, voire nul, de ces composés phénoliques.

En plus des bénéfices associés à la consommation d'huile d'olive en général, l'huile d'olive vierge semble pouvoir donner des bénéfices additionnels. Cependant, on a besoin de plus d'études pour déterminer l'amplitude de la valeur ajoutée des composés phénoliques présents dans l'huile d'olive pour les humains.

Dr Rafaele de la Torre


Photo : ©Afidol

Jarres à huile les vieux moulins.

Enfin, pour abaisser le risque cardio-vasculaire, plutôt que de diminuer prioritairement la part des lipides totaux de la ration, il est jugé préférable de modifier la nature de ces lipides, c'est-à-dire la composition en acides gras, en augmentant en particulier la richesse en acide oléique de la ration [4, 5].

• Acide oléique et prévention de la formation des plaques d'athérome dans la paroi vasculaire

Chez l'homme [6], deux types d'alimentation, avec un apport énergétique lipidique comparable (36-38%), ont été étudiés : l'un mimant la consommation en acides gras au Royaume-Uni, riche en acides gras saturés ; l'autre, un apport d'huile d'olive raffinée donc riche en acide oléique et totalement dépourvue de composés phénoliques. L'expression de molécules d'adhérence des cellules endothéliales vasculaires - permettant aux monocytes (cellules mononucléées du sang) d'adhérer à la paroi des vaisseaux - diminue avec une alimentation riche en acide oléique. Or l'adhérence des monocytes est une étape-clé de leur infiltration dans la paroi vasculaire, qui prélude elle-même à la formation des cellules spumeuses (gorgées d'esters de cholestérol) puis à celle de la plaque d'athérome. Ce résultat suggère donc fortement que l'acide oléique intervient pour prévenir la formation de plaques d'athérome.

Les polyphénols

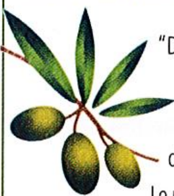
Parmi les polyphénols contenus dans l'huile d'olive, l'hydroxytyrosol a des propriétés intéressantes :

• Hydroxytyrosol et propriétés antioxydantes

L'hydroxytyrosol est un composant polyphénolique majeur de l'olive, de l'huile d'olive et des margines. Sa bio-disponibilité chez l'homme a été établie. Sa structure ortho-diphénolique lui confère une forte activité antioxydante. Il est d'ailleurs l'un des composés qui jouent un rôle essentiel dans la protection de l'huile contre l'oxydation, expliquant la stabilité de l'huile à la cuisson. Son action protectrice contre l'oxydation des lipoprotéines de basse densité a été mise en évidence *in vitro* [7] et confirmée *in vivo*. En effet, la protection des lipoprotéines de basse densité contre l'oxydation et la diminution des processus oxydatifs dans l'ensemble de l'organisme (démontrée grâce à l'utilisation d'un marqueur urinaire fiable) dépendent de la richesse en polyphénols de l'huile d'olive consommée [8, 9, 10]. Ainsi, acide oléique et hydroxytyrosol sont deux constituants de celle-ci possédant en commun des propriétés antioxydantes.

Enfin, un travail de notre laboratoire effectué dans le cadre d'un programme FAIR (CT 97 3039) a permis de montrer qu'un extrait de margines fortement enrichi en hydroxytyrosol est capable, comme d'autres polyphénols purs et comme l'acide oléique, de dimi-

Résonances



"De ses abondants
fruits verts
saupoudrés
de sel rouge,
Le premier goût
est dense, amer, âpre.
On attend, une légère douceur monte
d'entre dents et gencives,
Plus suave que le miel des précipices
d'emblée sucré".

Dans la cuisine du poète, Su Tung po



Illustration : ©Deyrolle

nuer la production de l'anion superoxyde (voir ci-dessus) par les macrophages. L'hydroxytyrosol est donc en mesure, comme l'acide oléique, de diminuer les processus d'oxydation des lipoprotéines de basse densité au niveau de la paroi vasculaire.

• Hydroxytyrosol et propriétés antithrombotiques
Une étude a été effectuée par notre laboratoire [11] sur les patients diabétiques de type 1 (insulino dépendants) [5] dans le cadre du programme FAIR déjà mentionné. Les sujets ont reçu l'extrait de margines enrichi en hydroxytyrosol pendant une période de quatre jours. Au terme du traitement, outre une tendance à l'augmentation de la vitamine C plasmatique, témoignant d'une protection antioxydante accrue, nous avons montré que chez ces patients, la quantité de thromboxane B2 produite par les plaquettes dans des conditions normalisées avait diminué de près de 50%. Ce résultat est révélateur d'une baisse de l'agrégabilité et de la fonction plaquettaires. Nos partenaires du programme FAIR ont obtenu des résultats similaires chez des sujets modérément hypercholestérolémiques. Or, la thrombose et la microthrombose sont des événements importants dans l'ensemble du processus athérogénique (on parle de processus athérothrombotique). Il est donc légitime de penser que l'effet anti-agrégant ainsi découvert pourrait contribuer au rôle anti-athérogène de l'huile d'olive.

Conclusion

Grâce à l'action de ces deux constituants identifiés, l'acide oléique et l'hydroxytyrosol, l'huile d'olive vierge extra première pression à froid s'avère capable de protéger l'organisme contre différents processus impliqués dans l'athérosclérose. D'autres effets bénéfiques sont à découvrir [12].

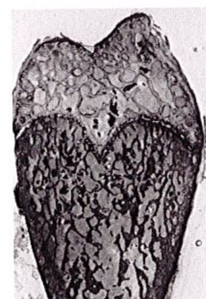
Claude Louis Léger

L'oleuropéine, un polyphénol des produits de l'olivier
de nouvelles perspectives dans la prévention de l'ostéoporose

Parmi les manifestations de la sénescence, l'atteinte de l'appareil locomoteur est particulièrement invalidante et accélère considérablement l'entrée en dépendance. Ainsi, l'ostéoporose, principale affection du squelette, constitue un problème majeur de santé publique. Les recherches dans le domaine de l'alimentation permettent d'envisager la mise en place d'une réelle stratégie de prévention nutritionnelle de cette pathologie. Si le rôle du calcium n'est plus à démontrer, le bénéfice d'une alimentation riche en produits végétaux a été suggéré par quelques études épidémiologiques. C'est sur ce concept nouveau du rôle des facteurs extra-calciques, et plus particulièrement des phyto-micronutriments, qu'a été défini le programme de recherche ayant engendré les résultats originaux démontrant l'efficacité de l'oleuropéine, dans le maintien du capital osseux [13]. En effet, ce composé caractéristique des produits de l'olivier, du fait de ses propriétés anti-inflammatoires, évite la déminéralisation du squelette engendrée par les processus de vieillissement.

Ce polyphénol aux propriétés spécifiques ouvre donc des perspectives très intéressantes pour la prévention de l'ostéoporose, validées par un dépôt de brevet. La consommation de ce composé constitue donc une stratégie nutritionnelle originale pour la prise en charge de la pathologie. Toutefois, avant toute recommandation au grand public, un programme de validation basé sur une étude clinique sera mis en place chez la femme ménopausée, en partenariat avec Bioactor, une start-up belge.

Véronique Coxam



Témoin



Modèle ostéoporose sénile



Oleuropéine

Photos : Véronique Coxam

Influence de 3 mois de consommation d'oleuropéine sur la qualité du fémur de rates ovariectomisées présentant une inflammation, modèle expérimental d'ostéoporose sénile.

Les propriétés organoleptiques de l'huile d'olive
Caractérisation biochimique et rôle des enzymes impliquées

La qualité d'une huile végétale est influencée principalement par la période de récolte des fruits et déterminée par sa composition et sa teneur en composés volatils (aldéhydes et alcools contenant six ou neuf carbones) responsables de la "flaveur verte" dans les huiles. Ces produits sont formés lors de l'écrasement et du malaxage des fruits par dégradation des acides gras libres selon une cascade


Moulin à huile d'olive en Avignon.

Photo : Christophe Maitre

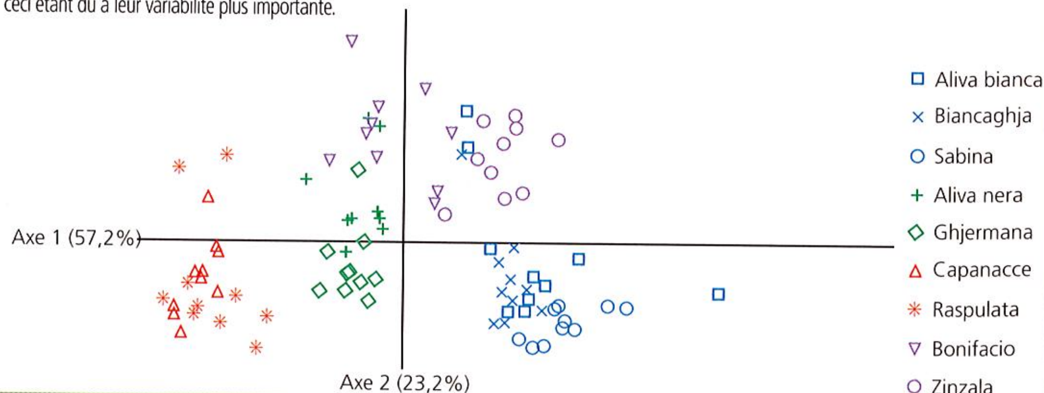
de réactions connues sous le nom de voie de la lipoxygénase.
Parmi les lipoxygénases végétales, celle de l'olivier est peu connue et aucune caractérisation biochimique n'a été réalisée.

Nous avons montré [14,15] pour l'olivier au cours de deux campagnes de prélèvement (2001-2002 et 2002-2003) que la variété mais surtout la période de récolte des olives ont une influence sur l'activité enzymatique de la lipoxygénase (LOX). En effet, l'activité de la lipoxygénase augmente à partir du stade tournant (de vert à noir) avec un pic d'activité détecté au stade noir. La caractérisation biochimique et la purification de la lipoxygénase d'olive par des méthodes de chromatographie classiques n'ont, pour l'instant, pas abouti du fait de sa forte affinité avec les lipides. Nous avons entrepris d'isoler l'ADN complémentaire (ADNc) codant pour l'enzyme par clonage moléculaire puis de le séquencer. Le clonage de l'ADNc de la LOX de l'olive et la détermination de sa séquence nucléotidique et protéique pourrait nous permettre de l'identifier (9-LOX, 13-LOX), de mieux comprendre son mécanisme réactionnel, puis de caractériser l'enzyme en la faisant exprimer dans un système d'expression hétérologue et d'entreprendre l'étude de la régulation de son expression.
L'activité de la lipoxygénase de l'olive est également directement liée à la formation des composés volatils impliqués dans la qualité de l'huile d'olive. Nous nous intéressons à l'effet produit par le malaxage sur les activités enzymatiques à des stades de maturation bien définis. Les valeurs des activités enzymatiques mesurées dans la pulpe de l'olive serviront de valeurs de référence. Nous allons déterminer sur les mêmes extraits la composition en produits volatils avant et après malaxage. Ce travail sera réalisé en collaboration avec le laboratoire *Arômes, synthèses, Interactions* de l'université de Nice Sophia-Antipolis dirigé par le professeur L. Lizzani-Cuvelier.

• Caractérisation biochimique des huiles
La caractérisation biochimique des huiles d'olives issues des variétés corses est une étude essentielle car elle a constitué la base scientifique nécessaire pour la reconnaissance du produit en vue de la certification de type AOC obtenue le 28 novembre 2004.
Nous avons étudié les caractéristiques de la fraction lipidique des huiles issues des 9 principales dénominations et nous avons évalué l'influence de la variété sur cette fraction. Ces analyses nous ont permis de révéler une variabilité au niveau des huiles issues des 9 dénominations étudiées. L'analyse en composantes

Figure 1 : Représentation des variétés dans les axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales réalisée à partir des acides gras majoritaires. Les dénominations de même génotype sont représentées par la même couleur.

Nous avons donc montré que, même si une petite part de l'environnement intervient, c'est principalement le génotype qui détermine la composition en acides gras et en triglycérides des huiles d'olive. Il intervient vraisemblablement en agissant sur la production et la régulation des enzymes impliquées dans la synthèse lipidique.
Nos résultats montrent également que ce sont les triglycérides qui sont les plus efficaces pour différencier les variétés, ceci étant dû à leur variabilité plus importante.



Ollivier D., Souillol S., Guérère M., Pinatel C., Artaud J. Données récentes sur la composition en acides gras et en triglycérides d'huiles d'olive vierges françaises. *Le Nouvel Olivier*, 2000, 13, 13-18.

Ollivier D., Artaud J., Pinatel C., Durbec J.P., Guérère M. (2005). Caractérisation sensorielle et chimique d'huiles d'olive vierges de cinq AOC françaises. *Le Nouvel Olivier*, n°44, p. 4-12.



Photo : Christophe Maître

principales réalisée à partir de la composition en acides gras est montrée dans la figure 1.

Liliane Berti, Jacques Maury, Claude Gambotti, Jean Giannettini, Jean Panighi, Virginie Bronzini de Caraffa, Vanina Lorenzi, Cynthia Palmieri

La dégustation de l'huile d'olive

La réglementation européenne sur l'huile d'olive a la particularité de prendre en compte l'aspect organoleptique du produit. Il existe ainsi des goûts qui autorisent l'appellation "vierge-extra" et d'autres qui ne l'autorisent pas. La vérification de la conformité des huiles sur le plan organoleptique peut être réalisée par les jurys agréés par le Conseil oléicole international. Cet ensemble qualité-dégustation-contrôle cherche à détecter le "défaut organoleptique". Une huile vierge-extra ne présente pas de défauts organoleptiques, ceux-ci étant le résultat de mauvais traitements infligés (attente, stockage, chauffage) aux olives ou à l'huile. Nous avons ainsi le moisi, le vineux et le chomé (fermentation des olives), le lies (fermentation des fonds de cuves) et le rance (oxydation de l'huile).

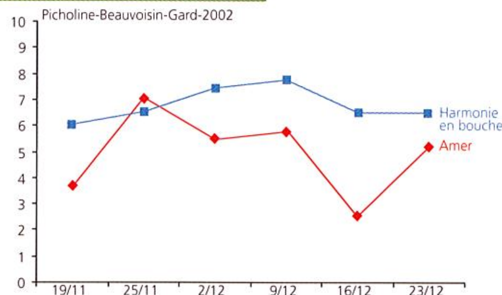
L'amertume et le piquant (effet de composés phénoliques) ne font pas partie des résultats de mauvais traitements infligés aux olives ou à l'huile, ils ne sont donc pas des défauts.

La présence des caractéristiques organoleptiques parmi les caractéristiques réglementaires a fait énormément progresser la qualité des huiles d'olive en réduisant progressivement la part des huiles médiocres sur le marché, depuis la parution du règlement de base (n° 2568/91). Par ailleurs, cela a permis la mise en place de jurys de dégustation capables de participer à l'amélioration des produits directement avec les producteurs.

Cependant, la méthode de dégustation est essentiellement basée sur la mesure des attributs négatifs. Pour la progression en qualité, cette méthode doit être relayée par des méthodes prenant en compte les caractéristiques positives des huiles, notamment l'harmo-

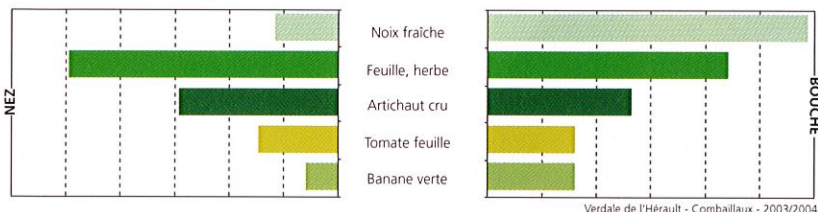
Exemple de résultat avec un suivi sur un site de la variété Picholine

Il n'y a pas de date optimale puisqu'il n'y a pas à la fois une amertume suffisamment basse et une harmonie maximale (cela ne serait d'ailleurs pas applicable). La récolte doit cependant commencer avant la baisse de l'harmonie, pour que l'assemblage final bénéficie des arômes les plus intéressants.

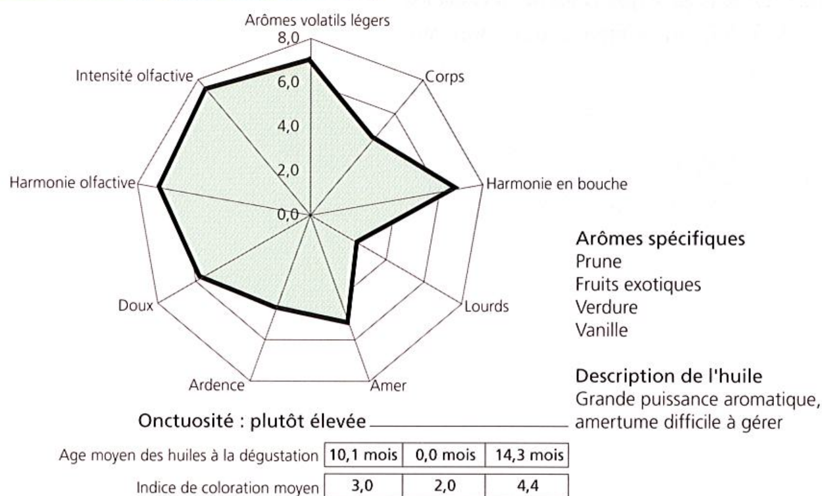


Exemple de profil obtenu avec une huile de Verdale de l'Hérault

Au nez, ce sont les arômes herbacés qui dominent, alors qu'en bouche, la sensation "noix fraîche" prend le dessus.

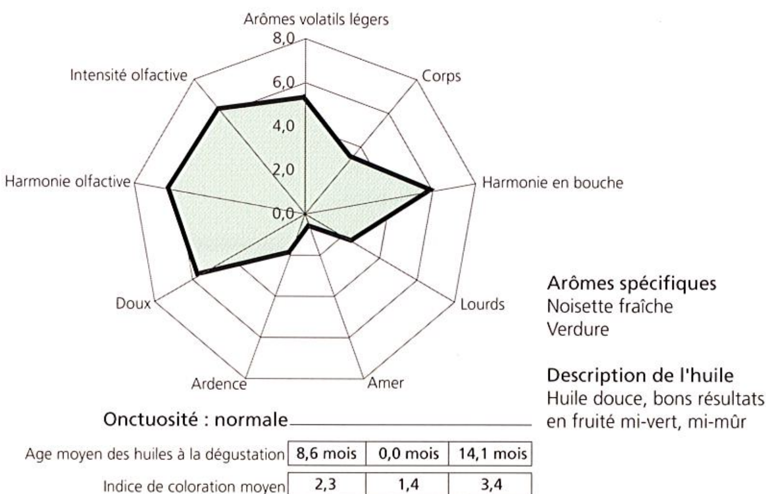


Analyse organoleptique de l'huile Picholine



Age moyen des huiles à la dégustation	10,1 mois	0,0 mois	14,3 mois
Indice de coloration moyen	3,0	2,0	4,4

Analyse organoleptique de l'huile Salonenque



Age moyen des huiles à la dégustation	8,6 mois	0,0 mois	14,1 mois
Indice de coloration moyen	2,3	1,4	3,4

nie du fruité. La méthode utilisée pour établir des bases de détermination des dates de récolte des variétés françaises comporte sept descripteurs quantitatifs et deux descripteurs qualitatifs. Seuls sont utilisés ceux qui apparaissent pertinents (graphiques) pour la variété en question, puis une confrontation est faite avec les caractères économiques (rendement, tonnages) et les données climatiques. Les travaux doivent porter sur plusieurs campagnes et plusieurs sites pour tirer des règles générales, et des contrôles doivent être effectués à chaque début de campagne pour observer les spécificités.

Ces dégustations ne sont pas descriptives. Par exemple, elles ne peuvent pas servir à montrer une typicité. Pour cela, on utilise les descripteurs analogiques, en minimisant l'évaluation des intensités par le dégustateur. La grille utilisée comporte 47 descripteurs, de "amande fraîche" à "vanille", en passant par les descripteurs de fruité noir, vert... La dégustation se fait en deux temps, en interposant une étape de discussion. Celle-ci permet aux dégustateurs de redéguster en prenant en compte les remarques des autres dégustateurs. Les profils obtenus font apparaître au maximum 5 descripteurs, hiérarchiquement classés selon l'intensité perçue et la certitude d'identification par les dégustateurs, et par la fréquence d'identification. Nous vérifions actuellement la répétabilité de la méthode, et de bons résultats ont été obtenus avec les huiles de Nice.

Christian Pinatel

Les usages non alimentaires de l'huile d'olive

Depuis quelques dizaines d'années, l'huile d'olive a acquis le statut d'une huile alimentaire haut de gamme, et il semble difficile d'imaginer que cela n'ait pas toujours été le cas. Pourtant, la symbolique de l'olivier nous montre bien que dans la préhistoire et l'Antiquité, ses usages essentiels étaient l'éclairage et les parfums.

Des lampes à huile de tous types se trouvent en quantité dans les restes archéologiques et attestent pleinement de l'usage de l'huile pour l'éclairage, facilité par la propriété de peu fumer à la combustion. Elles brûlaient en permanence dans les temples.

Quant aux parfums, ils étaient obtenus dans l'Antiquité par fumigation ou par enfleurage dans l'huile, la distillation étant inconnue avant le Moyen-Âge. Avant de passer dans l'usage profane, les parfums ont d'abord eu une signification religieuse. Ils étaient l'attribut des dieux mais les huiles parfumées étaient aussi utilisées dans un but thérapeutique, cosmétique et dans la toilette.

Les qualités les plus estimées en Grèce étaient au départ les huiles d'oléastre, dont Pline [15, 24] dit que "son huile est plus fine et beaucoup plus amère que celle de l'olivier et ne s'emploie que pour les préparations médicinales". Cette citation nous donne d'ailleurs une indication des raisons qui ont pu pousser nos ancêtres à s'intéresser à l'oléastre et à finalement le domestiquer.

Parfumée ou non, l'huile d'olive servait aux soins du corps. Elle tenait lieu à la fois de savon et de protection contre le froid ou le soleil. Les athlètes grecs lui devaient leur corps luisant, et les restes d'huile grattés après l'effort étaient précautionneusement recueillis et vendus pour des usages médicinaux ; ce que condamne Pline [15, 19] : "les Grecs, instigateurs de tous les vices, ont fait de son usage un luxe en la répandant dans les gymnases. On sait que des directeurs de ces établissements ont vendu 80 000 sesterces les râclures d'huile."

On va retrouver bien plus tard (aux XVIIIe et XIXe siècles) l'usage de l'huile d'olive dans la toilette, mais en tant que matière première dans la fabrication du fameux "savon de Marseille", qui allait drainer une partie importante de la production méditerranéenne. L'industrie anglaise, à la même époque, utilisait de grandes quantités d'huile d'olive dans le traitement des laines et des textiles. De nos jours, ce type d'usages industriels est réservé aux sous-produits que sont les huiles lampantes ou de grignons.

Michel Chauvet

Traiter les déchets

Valoriser les margines et les grignons d'olives pour une agriculture raisonnée

Les résidus de la production d'huile d'olive sont un aspect moins connu et qui mérite attention par rapport à l'environnement. Une équipe de l'INRA a travaillé sur ce thème, nous évoquons leurs résultats ainsi que ceux de Sevastianos Roussos de l'IRD qui a bien voulu contribuer à cet aspect du dossier.



Photo : ©IRD - Sevastianos Roussos

Remplissage manuel du scourtin (panier en osier) d'olives triturées. Moulin traditionnel de la maasra (petit pressoir à olives traditionnel) au Maroc.

L'industrie de production de l'huile d'olive génère deux résidus : l'un liquide, les margines, et l'autre solide, les grignons. De plus, l'olivier à travers la taille ou la récolte mécanique, engendre des résidus tels que du gros bois et environ 25 kg de feuilles et de brindilles (diamètre inférieur à 4 cm) par an et par arbre. Ceci se traduit par une production annuelle dans le monde d'environ 20 millions de tonnes de feuilles et de brindilles fraîches qui pourraient être utilisées en alimentation animale [16].

Actuellement, deux systèmes industriels d'extraction de l'huile d'olive se sont imposés au niveau mon-



Photos : ©Coopérative La Cravenco qui produit une huile AOC

❶ Très belles olives avec un degré de maturation variable (avant la trituration).
❷ Olives cueillies mécaniquement : présence de très nombreuses feuilles (les feuilles seront compostées).
❸ Début de chaine de trituration des olives avec une unité biphasique Alfa-Laval.
❹ Margines et grignons mélangés (margions) dans un sac pour amener au labo...
❺ Grignons et margions évacués du moulin par une vis sans fin et versés directement dans la benne d'un camion.
❻ Huile d'olive issue de la pression à froid.

Album d'Afrique du Nord et d'Espagne : campement dans une vaste plaine avec montagnes, paysages divers avec oliviers (folio 28v) ; croquis d'arabes et tête de cheval (folio 29r). Eugène Delacroix (1798-1863). Musée du Louvre.

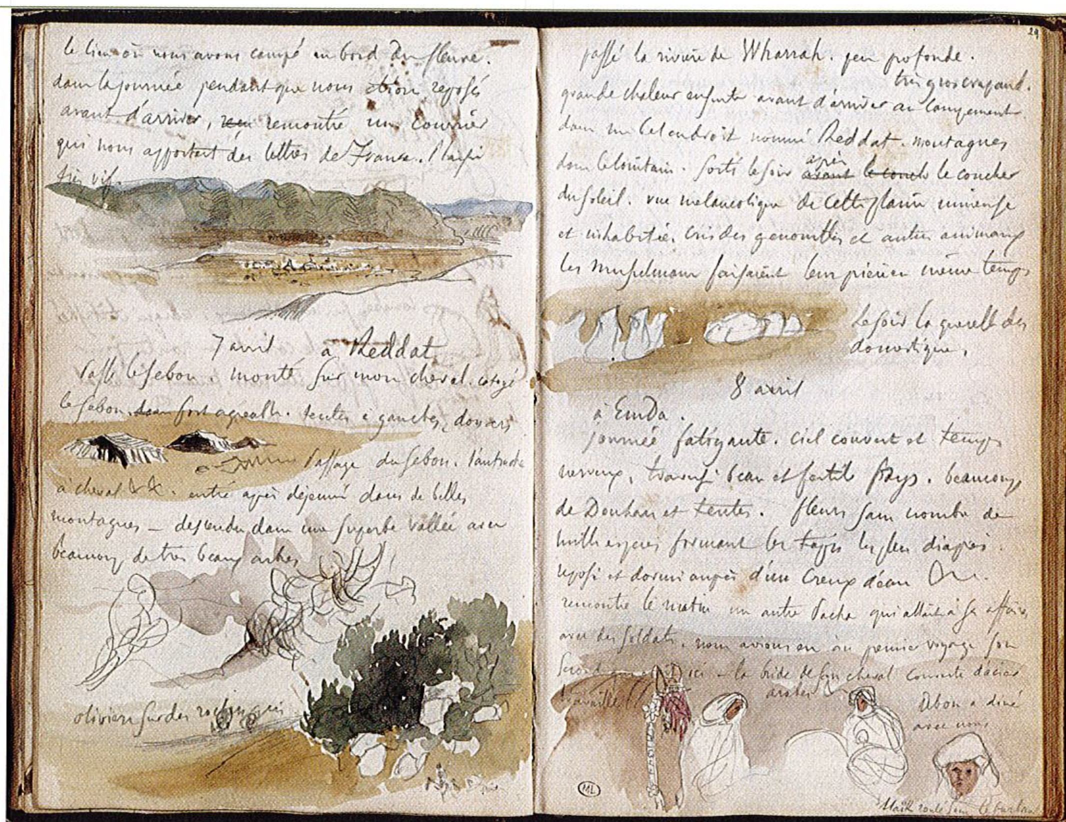


Photo : RMN - ©Michèle Bellot



Valorisations énergétiques de résidus ligno-cellulosiques.
Photo : ©Kamel Halouani, enseignant-chercheur à l'université de Sfax en Tunisie

dial : le système biphasique et le système triphasique. À partir d'une tonne d'olives, le système biphasique permet de récupérer 200 kg d'huile d'olive et génère 800 kg de grignons humides et 200 litres de margines. Alors que le système triphasique, à partir d'une tonne d'olives permet de récupérer 210 kg d'huile d'olive mais génère 550 kg de grignons humides et 1 500 litres de margines. Ce dernier système bien que plus performant quant à la récupération d'huile d'olive, est de loin le système qui génère le plus de margines.

En France pour 2003, il y a eu une production d'environ 3 400 tonnes d'huile d'olive, 12 000 tonnes de margines et 8 500 tonnes de grignons [17]. La proportion (margines, grignons) dépend du système d'extraction. Avec les systèmes modernes continus, les volumes de margines générés sont beaucoup plus importants qu'avec les systèmes traditionnels (presses et hyperpresses) étant donné qu'il y a addition d'eau au cours du malaxage de la pâte d'olives.

Résonances



"Après la vigne, le plus bénéfique de tous les végétaux cultivés est l'olivier. Ses feuilles sont astringentes, elles sont une grande efficacité pour resserrer les organes qui se relâchent et elles sont un excellent dépuratif. C'est pourquoi, mâchées ou en compresses, elles guérissent les ulcères et, en topique avec du miel, guérit les parties du corps que les médecins ont soigné par cautérisation, les inflammations des gencives, les panaris, ainsi que les ulcères sordides et putrides. Avec du miel, cette décoction arrête aussitôt le sang qui coule des blessures aux parties tendineuses. Le suc de feuilles d'olivier est efficace contre les ulcérations charbonneuses et les pustules autour des yeux, ainsi que la procidence de l'iris ; aussi, entre-t-il dans la préparation des collyres, car il guérit, de surcroît, les larmoiements les plus persistants et les fissures aux membranes des paupières. On exprime ce suc en pilant les feuilles tout en versant sur elles du vin et de l'eau de pluie, et, après qu'il a séché, on en fait des pastilles. En pessaire sur la laine, il arrête les menstrues trop abondantes. Il est aussi recommandé contre les écoulements sanieux, les condylomes, l'érysipèle, les ulcères serpigneux et les épinyctides".

La vertu des arbres, Pline l'Ancien

• Les grignons

Les grignons sont nombreux, de composition différente et d'utilisation très variée suivant les différents pays. Ils sont essentiellement ligno-cellulosiques et contiennent de la pulpe d'olive et du bois mais aussi des matières grasses, des sucres, des amino-acides, des polyphénols et des sels minéraux. La valorisation des grignons se fait selon diverses applications suivant les pays et le contexte :

-alimentation animale : il convient avant tout usage alimentaire de séparer les noyaux éclatés de la pulpe. Les produits ainsi obtenus peuvent être valorisés séparément, la pulpe pour le bétail, les noyaux en valorisation thermique ou autre usage,

-valorisation biotechnologique : les grignons d'olive ont été utilisés comme substrat pour la culture de champignons filamenteux thermophiles par fermentation en milieu solide pour la production de lipases thermostables de *Rhizopus oligosporus*. Les matières grasses résiduelles des grignons d'olive favorisent la production importante de biomasse et d'enzymes comme les lipases [18]. Après la fermentation et l'extraction des enzymes, le résidu solide fermenté est enrichi également en protéines fongiques et pourrait être utilisé en alimentation animale,

-valorisation énergétique : les grignons d'olive peuvent être valorisés pour chauffer les serres, pour alimenter les chaudières des moulins, les fours industriels ou des centrales thermiques et électriques. L'utilisation des grignons comme combustible a représenté et représente encore dans la majorité des pays, l'application la plus courante,

-compostage : les résidus solides ou pâteux générés par l'extraction de l'huile d'olive sont riches en matière organique. Le compostage est la méthode la plus utilisée pour la préparation des amendements organiques et pour la fertilisation des sols. Il permet de détoxiquer ces résidus solides contenant des substances phytotoxiques et antimicrobiennes à cause de la présence de phénols, d'acides gras et organiques. Souvent pour obtenir un compostage efficace, on ajoute aux grignons des déchets végétaux ou des déchets urbains.

• Les margines

Les margines comprennent deux fractions : l'une insoluble (matière organique 64,6%) est essentiellement constituée de pulpes d'olives ; l'autre soluble contient les sucres (12%), les lipides (4,2%), les sels minéraux (7,2%) et les composés phénoliques (2,2%). Des études de toxicité et de biodégradabilité de ces margines ont montré que la toxicité est due à la fraction soluble et que les composés phénoliques de type tanins, anthocyanes et monomères aromatiques sont très toxiques mais biodégradables. Par contre, les composés phénoliques responsables de la coloration noire sont peu toxiques et très difficilement biodégradables.

Les margines peuvent être diversement **valorisées** :
- elles sont fortement chargées en matière organique et peuvent être utilisées comme aliment pour les micro-organismes dans des procédés de fermentation pour la production d'éthanol, de la biomasse microbienne, ou pour la production de biogaz [19]. Le plus souvent pour de petites quantités produites, elles sont diluées et épandues directement sur le sol. Pour des quantités très importantes, le compostage des margines est la manière la plus simple de les recycler et consiste à les mélanger avec des substrats agricoles solides [20, 21]. Cependant la tendance actuelle vise à





Photos : ©IRD - Sevastianos Roussos

De haut en bas :
• Maasra (petit pressoir à olives traditionnel) avec grignons pressés et olives triturées au Maroc.
• La sortie des margines et l'élimination des eaux usées. La pollution à cette échelle est faible. Le liquide qui s'écoule est de l'eau végétale contenant du polyphénol.
Moulin traditionnel de la maasra (petit pressoir à olives traditionnel) au Maroc.

Extraction d'hydroxytyrosol

Des travaux ont été développés entre 1997 et 2003 par l'INRA et l'IRD sur le site de la faculté des Sciences de Luminy à Marseille avec le soutien de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur (PACA, 1ère région productrice d'huile d'olive) et de l'AFIDOL (Association Française Interprofessionnelle de l'Olive). Ces travaux avaient pour objectif la valorisation des margines d'olives de la région PACA en additifs alimentaires de type arômes ou antioxydants.

Des travaux ont été plus particulièrement réalisés sur des margines de la région PACA issues du système d'extraction biphasique de l'huile d'olive, système récent innovant moins consommateur d'eau et producteur de margines pâteuses. Les équipes INRA et IRD* ont mis au point un procédé d'extraction de l'hydroxytyrosol [1,2] à partir de ces margines pâteuses biphasiques stabilisées à l'éthanol. Ce procédé fait intervenir des étapes d'hydrolyse enzymatique à l'aide d'enzymes fongiques et des étapes de purification sur des résines spécifiques. De l'hydroxytyrosol pur à 85% a été obtenu. Cet extrait naturel développe un grand pouvoir antioxydant en milieux lipidique et aqueux, ce qui rend possible une utilisation alimentaire en remplacement d'antioxydants de synthèse, dont l'utilisation tend à être limitée en raison de risques de cancérogenèse.

Laurence Lesage-Meessen

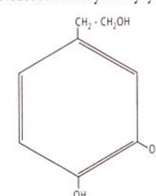
* Chercheurs INRA et IRD responsables de ce projet : • Lesage-Meessen Laurence et Asther Marcel : INRA, UMR1163 de Biotechnologie des Champignons Filamenteux Universités de Provence et de la Méditerranée, ESIL, CP 925, Faculté des Sciences de Luminy, 13288 Marseille cedex 09
Contact : llesage@esil.univ-mrs.fr
• Labat Marc : IRD, Laboratoire de Microbiologie, ESIL, Faculté des Sciences de Luminy, CP925, 13288 Marseille cedex 09

[1] Lesage-Meessen et *al.* (2001). Simple phenolic content in olive oil residues as a function of extraction systems. *Food Chemistry*, 75, 501-507.
[2] Bouzid et *al.* (2005). Fungal enzymes as a powerful tool to release simple phenolic compounds from olive oil by-product. *Process Biochemistry*, 40, 1855-1862.



Photos : INRA

Molécule d'hydroxytyrosol



Margines pâteuses obtenues à partir d'un système d'extraction biphasique de l'huile d'olive (moulin de Mouries).



Photo : Daniel Renou

D'après la thèse d'Olivier Bertrand

L'olivier et l'huile d'olive en pharmacie et en médecine

En pharmacie

L'huile d'olive est apparue en pharmacie en 1748. Elle est signalée dans le premier formulaire officiel des médicaments avec de multiples usages :

- onguent : pour purifier le corps par friction avant d'approcher les Dieux, dans les palestres pour éviter les courbatures
- baume pour les défunts
- lotion avant le bain pour éviter le dessèchement de la peau
- liniments (médicaments onctueux) pour oindre comme antiseptique et analgésique
- base du parfum de Corinthe avec fleurs de dattier et d'iris : l'omphacine est une huile d'olives vertes pressées sans altérer le noyau pour porter les principes odorants de la fleur de vigne ou des pétales de roses
- en usage interne, émolliente, cholérétique et cholagogue (augmente et stimule la sécrétion biliaire) et légèrement laxative
- excipient pour préparations hormonales (testostérone, œstradiol), antiseptique pulmonaire et urinaire.

En médecine

- Les olives noires sont eupeptiques, elles améliorent la digestion, mais provoquent vomissements et nausées
- Les feuilles sont utilisées pour différents usages : décoctions, infusions, teintures fébrifuges, hypotensives et hypoglycémiantes. Traitements, prescriptions, diverses et variées
- La poudre de feuille d'olivier est utilisée comme diurétique.

Olivier Bertrand 2002 *Contribution de la génétique moléculaire dans la phylogénie et la connaissance des origines de l'olivier méditerranéen* Université de Montpellier I. UFR des Sciences pharmaceutiques et biologiques. Éditeur scientifique.

récupérer d'abord des molécules antioxydantes comme l'hydroxytyrosol, avant d'orienter les margines vers le compostage ou le traitement d'épuration de l'eau,

- **extraction d'hydroxytyrosol :** parmi les monomères phénoliques des margines, l'hydroxytyrosol est la molécule antioxydante la plus recherchée.

Une équipe tunisienne a montré que les margines issues du système classique d'extraction d'huile d'olive (super presse) sont plus chargées en hydroxytyrosol que celles issues du système à chaîne continue. Cette molécule a un pouvoir antioxydant très puissant. Elle est naturellement présente dans les olives et l'huile d'olive [22,23].

Les moulins ont tout intérêt à valoriser ces sous-produits de façon, d'une part, à obtenir des coproduits ayant une valeur marchande, d'autre part, à ne pas devoir payer une redevance à l'Agence de l'Eau. En effet, suivant les rejets, cette Agence peut percevoir une redevance (principe pollueur-payeur) pouvant atteindre environ 300€/par tonne d'huile d'olive.

Parmi les pays producteurs d'huile d'olive, l'Espagne et la Tunisie sont pionniers pour la valorisation industrielle des sous-produits solides et liquides de l'industrie oléicole.

Sevastianos Roussos

L'olivier : source d'énergie ?

Le renchérissement des énergies fossiles lié à l'accroissement de la demande par les pays en développement (Chine, Inde...) et à une raréfaction prévisible dans les prochaines décennies, a conduit les responsables politiques européens et mondiaux à développer les sources d'énergie dites "renouvelables". De plus, les énergies fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon) contribuent à l'accroissement de la teneur en dioxyde de carbone (CO_2) de l'atmosphère gazeuse (gaz à effet de serre). En 1997, dans un protocole signé à Kyoto, la plupart des pays se sont engagés à une réduction des émissions de CO_2.

La biomasse est, de nos jours, l'énergie renouvelable la plus développée en Europe. Le carbone et l'hydrogène qu'elle contient sont des éléments combustibles et le CO_2 libéré par la combustion du carbone correspond au CO_2 assimilé par la plante lors de sa croissance. Ainsi elle répond aux deux objectifs précédents. Bien entendu, l'utilisation de la biomasse ne doit pas être anarchique. Elle doit être encadrée et son emploi ne doit être envisagé que dans les pays où la production de biomasse est supérieure à sa consommation. C'est le cas de la plupart des pays européens. De plus, il faut éviter en particulier le phénomène de déforestation. Toutefois dans de nombreux pays, la présence de forêts et d'exploitations agricoles génère des déchets et des résidus de biomasse qui doivent pouvoir être valorisés énergétiquement.

Ainsi les pays méditerranéens qui possèdent de grandes surfaces cultivées en olivier peuvent envisager d'utiliser les tailles, les souches à renouveler comme source d'énergie. Le bois d'olivier, comme la plupart des essences de bois, contient plus de 50 % en masse d'éléments combustibles de type carbone et hydrogène. Sa valorisation énergétique peut être envisagée de plusieurs manières.

La plus ancienne est la combustion directe et de nos jours, dans les foyers indépendants et les chaudières à bois collectives, le rendement de combustion est supérieur à 80%. Toutefois, dans les pays méditerranéens où l'on cultive l'olivier, la consommation énergétique pour le chauffage domestique reste peu importante. Un des usages traditionnels est la cuisine où le bois est envisagé souvent sous forme de charbon de bois. La carbonisation du bois obtenue depuis des siècles par le procédé des meules [1] avec des rendements faibles (inférieurs à 15%) est réalisée de nos jours dans des dispositifs où les gaz émis sont brûlés et apportent l'énergie nécessaire à la carbonisation. La photo représente le dispositif de ce type conçu à l'université de Sfax permettant de produire du charbon de bois à partir des tailles des oliviers. Les rendements sont de l'ordre de 25% et le charbon de bois est plus homogène. De plus, les gaz de carbonisation riches en hydrocarbures polyaromatiques (HAP) brûlés, ne sont pas rejetés dans l'atmosphère.

La plupart des pays cultivant l'olivier ne sont pas des producteurs d'énergies fossiles et de nos jours la plus grande partie de l'énergie consommée est liée au transport. Les carburants gazeux et liquides sont d'origine fossile et la biomasse, par ses déchets et résidus, peut contribuer à la réduction de l'usage de ces carburants fossiles en envisageant des transformations biochimiques et/ou thermochimiques.

Ainsi par l'intermédiaire d'une hydrolyse enzymatique ou acide, les sucres du bois (hémicellulose, cellulose) séparés de la lignine, sont transformés par fermentation en éthanol. Ce dernier est associé partiellement en grande partie aux essences fossiles. En 2010, il est prévu que dans les pays de l'Union européenne, la teneur en éthanol dans les essences soit portée à 5,75%. Cette voie essentiellement biochimique peut être remplacée par une voie thermochimique à plus haute température (850-900°C) où le bois est gazéifié en présence de vapeur d'eau. Le mélange gazeux est riche en monoxyde de carbone (CO) et en hydrogène (H_2) qui, après isolation des autres constituants (eau, CO_2, hydrocarbures résiduels, cendres), pourront être utilisés directement comme combustibles (turbines et moteurs à gaz) ou transformés par un procédé cata-

Résonances



"En ce jardin,
Meules et moulins broient
Le mot dans la langue
Picual en son château d'Espagne ;
Rodontella, une ronde enjouée
Qui nous vient d'Italie.
Carrasquenha, pulpe clair et fado
du Portugal !
Coronaiki, et le soyeux du sel,
Rythmant le sirtaki.
Variétés et essences,
Verdales, une danse de France.
Tirilye ! à table la Turquie !

Terres d'olivaison,

A quand des hommes mûrs,
Pour la belle saison ?
A la main une olive et la paix
dans les mots !
Souri en Israël, souri en Palestine,
Souri au Liban dévasté.
Mystérieuse et tapie, Tamrani de Syrie,
Enduri de Lybie,
Chetoui, sein pointu, soleil de Tunisie ;
Zitoun pour le Maroc, mariée au poisson
Chemlal la kabyle, un amour d'Algérie,
Bashika de l'Irak le rivage lointain"...

Ici parle l'olivier Joseph Pacini



Photo : Daniel Renou

Préparation de charbon de bois d'olivier, 1977. Oliveraies de Sfax (Tunisie).

[1] Les bois sont empilés, par lits superposés, sur une aire dressée avec soin et appelée *faulde*, de façon à former un tas, dit *meule* ou *fourneau*, ayant la forme d'une calotte sphérique surélevée. La meule est recouverte d'une enveloppe de feuilles sèches et de mousse, sur laquelle on dispose, pour empêcher l'accès de l'air, une couverture formée de terre mélangée de *frasil* ou *frasin*, poussier provenant des fourneaux précédemment carbonisés. Cet habillage de la meule reçoit parfois le nom de *bougeage*. On met le feu par le haut, au moyen d'une cheminée ménagée au centre, ou, plus rarement, par des canaux réservés dans la masse du bois contre le sol. Le charbonnier dirige l'opération en ouvrant successivement des évents dans les différents points de la couverture.

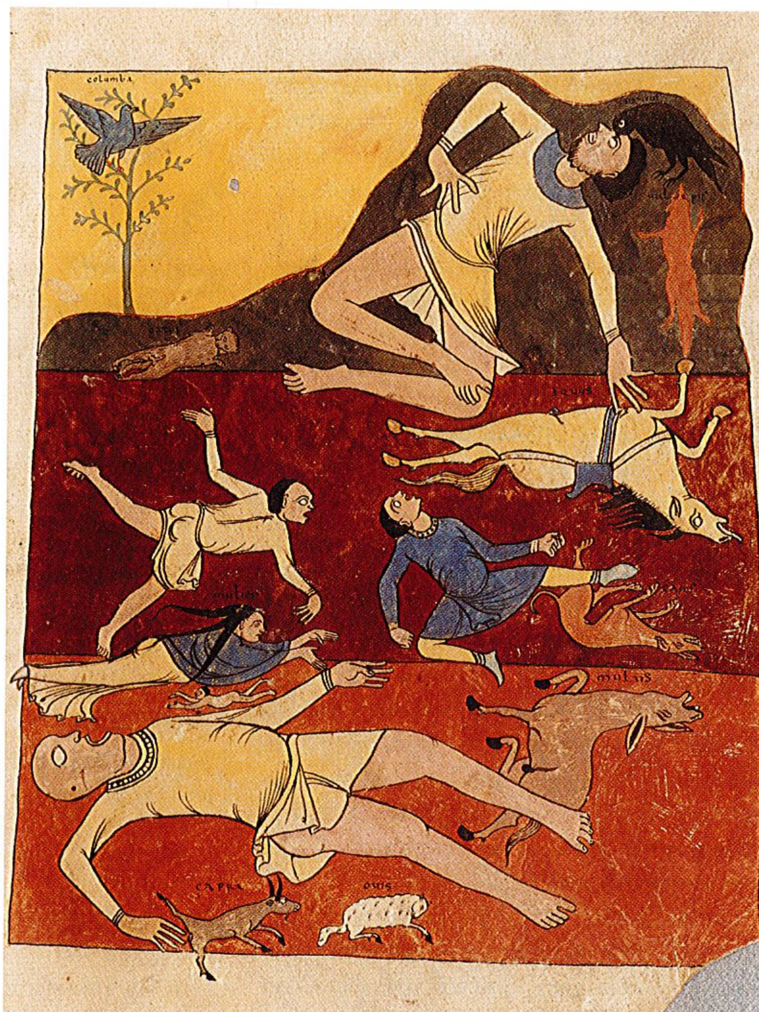


Photo : ©Bibliothèque nationale de France

lytique en alcool (synthèse du méthanol) et en essences (synthèse de Fischer-Tropsch). La maximisation de la teneur en hydrogène peut devenir une des sources de production de l'hydrogène consommé dans les piles à hydrogène envisagées pour le transport des années futures. Ainsi les déchets et résidus du bois d'olivier peuvent être transformés en divers carburants au travers de procédés qui, sans être tout à fait optimaux, ont déjà atteint des développements technologiques avancés dans certains pays européens et mondiaux.

En conclusion, on peut dire que l'olivier, par son huile, est une source de produits alimentaires et cosmétiques, par ses grignons une source alimentaire pour le bétail, mais aussi une source d'énergie par ses résidus et ses tailles, limitant ainsi les émissions de CO_2 dues aux énergies fossiles et protégeant la déforestation des forêts dans des pays où la croissance forestière annuelle reste inférieure aux usages locaux. Ainsi, ces actions s'inscrivent dans une politique de développement durable et devraient pouvoir être généralisées à divers sous-produits lignocellulosiques.

André Zoulalian

Beatus de liebana, Commentaire sur l'Apocalypse, Stephanus Garcia. Le Déluge : un cheval, un chien, un chat, une chèvre, une mule, un mouton, un renard. La colombe sur le rameau d'olivier. Manuscrits occidentaux - Latin 8878.

Biblio

[1] Parthasarathy S., Rankin S.M. (1992) Role of oxidized low density lipoprotein in atherogenesis. *Prog. Lipid Res. 31* : 127-143.

[2] Mensink R.P.,, Katan M.B. (1989) Effect of a diet enriched with monounsaturated or polyunsaturated fatty acids on levels of low-density and high-density lipoprotein cholesterol in healthy women and men. *N. Engl. J. Med. 321*: 436-441.

[3] Berry E.M., Eisenberg S., Haratz D., Friedlander Y., Norman Y., Kaufmann N.A., Stein Y. (1991) Effects of diets rich in monounsaturated fatty acids on plasma lipoproteins - The Jerusalem Nutrition Study : high MUFAs vs high PUFAs. *Am. J. Clin. Nutr. 53* : 899-907.

[4] Kris-Etherton P.M., Pearson T.A., Wan Y., Hargtove R.L., Moriarty K., Fishell V., Ethertyon T.D. (1999). High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. *Am. J. Clin. Nutr. 70*: 1009-15.

[5] Sacks F.M., Katan M. (2002). Randomized clinical trials on the effects of dietary fat and carbohydrate on plasma lipoproteins and cardiovascular disease. *Am. J. Med. 113* : 13S-24S.

[6] Yaqoob P., Knapper J.A., Webb D.H., Williams C.M., Newsholme E.A., Calder P.C. (1998) Effect of olive oil in immune function in middle-aged men. *Am. J. Clin. Nutr. 67* : 129-35.

[7] Visioli F, Bellomo G, Montedoro GF, Galli C (1995) Low density lipoprotein oxidation is inhibited *in vitro* by olive oil constituents. *Atherosclerosis 117* : 25-32.

[8] Masella R., Giovannini C., Vari R., Di Benedetto R., Coni E., Volpe R., Fraone N., Bucci A. (2001). Effects of dietary virgin olive oil phenols on low density lipoprotein oxidation in hyperlipidemic patients. *Lipids* 36 : 1195-1202.

[9] Visioli F., Caruso D., Galli C., Viappiani S., Galli G., Sala A. (2000). Olive oils rich in natural catecholic phenols decrease isoprostane excretion in humans. *Biochem. Biophys. Res. Communs. 278* : 797-799.

[10] Weinbrenner T, Fito M, De la Torre R et *al* (2004). Olive oils high in phenolic compounds modulate oxidative/antioxidative status in men. *J. Nutr. 134* : 2314-2321.

[11] Léger C.L., Carbonneau M.A., Michel F., Mas E., Monnier L., Cristol J.P., Descomps B. (2005). A thromboxane effect of a hydroxytyrosol-rich olive oil wastewater extract in patients with uncomplicated type 1 diabetes. *Eur. J. Clin. Nutr. 59* : 727-730.

[12] Léger C.L. *L'huile d'olive : sa place dans l'alimentation humaine.* In "Lipides et corps gras alimentaires", coordonné par J. Graille, Lavoisier 2003, pp. 81-105.

[13] Puel C., Quintin A., Mathey J., Obled C., Horcajada M.N., Davicco M.J. Lebecque P., Saltsounis A.L. & Coxam V. (2005). Oleuropein, the main phenolic micronutrient of olive oil, prevents inflammation-induced bone loss in the ovariectomized rat. *XXII International Conference on Polyphenols, Helsinky, book of abstracts*, p 345.

[14] Bronzini de Caraffa V., Giannettini J., Gambotti C., Maury J. Genetic relationships between cultivated and wild olives of Corsica and Sardinia using RAPD markers, (2002) *Euphytica* 123, 263-271.

[15] Bronzini de Caraffa V., Maury J., Gambotti C., Breton C., Bervillé A., Giannettini J. Mitochondrial DNA variation and RAPD mark oleasters, olive and feral olive from Western and Eastern Mediterranean. (2002), *Theoretical Applied Genetics* 104, 1209-1216.

[16] Nefzaoui A., 1988. Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par une valorisation optimale des sous-produits. In l'Economie de l'Olivier. Allaya M. (Ed.) *Options Méditerranéennes*, Série Etudes, CCE (DGI)/ CIHEAM ; pp 153-173.

[17] Argenson C., Pelcot J-F. 2004. L'oléiculture en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Document dactylographié 23 p.

[18] Ismaili-Alaoui M., Kamal M., Kademi A., Morin A., Roussos S., Houde A. 2003. Valorization of moroccan olive cake using solid state fermentation. In *New Horizons in Biotechnology*, Roussos S., Soccol C.R., Pandey A., Augur C. (Eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, chapter 4 : 35-41.

[19] Hambdi M.1991. *Nouvelle conception d'un procédé de dépollution biologique des margines, effluents liquides de l'extraction de l'huile d'olive*. Thèse de doctorat, université de Provence, 180 pp.

[20] Paredes C., Cegarra J., Roig A., Sanchez-Monedero M.A., Bernal M.P. 1999. Characterization of olive mill wastewater (alpechin) and its sludge for agricultural purposes. *Bioressource Technology* 67 : 11-115.

[21] Paredes C., Bernal M.P., Cegarra J., Roig, A. 2002. Bio-degradation of olive mill wastewater sludge by its co-composting with agricultural wastes. *Bioresource Technology* 85: 1-8 .

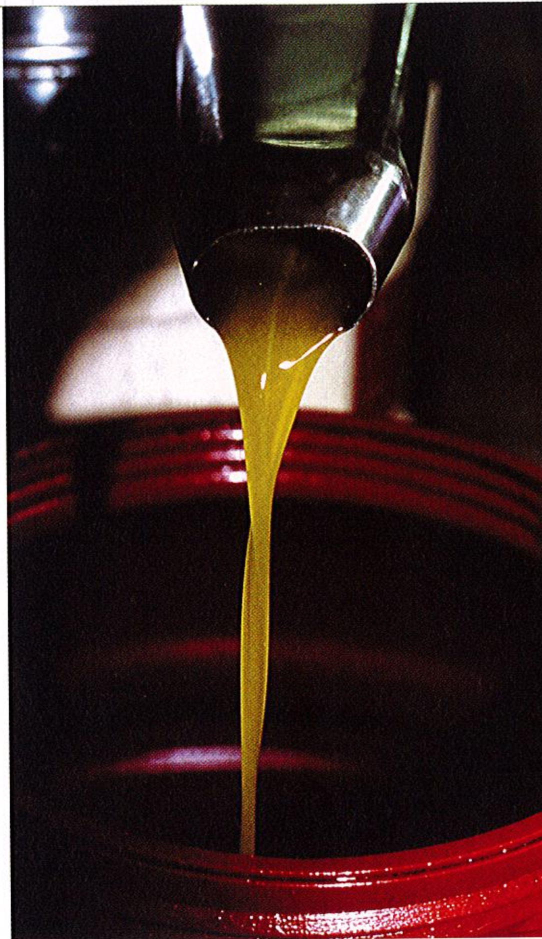
[22] Allouche N., Fki I., Sayadi S. (2004) Toward a high yield recovery of antioxidants and purified hydroxytyrosol from olive mill wastewaters. *Journal Agricultural ; Food Chemistry*, 2004, 52, 267-273

[23] Fki I., Allouche N., Sayadi S. 2005. The use of polyphenolic extract, purified hydroxytyrosol and 3,4-dihydroxyphenyl acetic acid from olive mill wastewater for the stabilization of refined oils: a potential alternative to synthetic antioxidants. *Food Chemistry*, 93 : 197-204.

Partenariat

Au plan national, les partenariats de l'INRA sont nombreux et ouverts sur l'ensemble des organismes professionnels et techniques ou scientifiques : AFIDOL, ONIOL, CBNMP, ITERG, IRD, INSERM, université Marseille 3, ...
L'INRA participe aussi avec les organisations techniques et professionnelles à différentes actions au niveau du réseau expérimental français. Enfin, il existe des conventions avec des sociétés privées comme Phylogène pour valoriser les savoir-faire de l'INRA, par exemple en terme d'identification moléculaire des variétés d'olivier et des huiles, afin de repérer les erreurs variétales ou les mélanges d'huiles.
L'ouverture internationale est marquée au travers de la participation à des projets de coopération bilatérale (par exemple les 4 PRAD-Projet de Recherche Agronomique pour le Développement - dans le cadre de la coopération franco-marocaine), européenne (trois projets européens acceptés depuis 1995) ou internationale au travers du COI-Comité Oléicole International - (participation à des groupes de travail) ou de la FAO (réactivation du réseau olivier en 2004).
Plusieurs projets regroupent des partenaires européens :

- FAIR CT 95-0689 "Evaluation of olive genetic diversity and identification of molecular markers related to the aspects of food products, oil and olives, their mapping for marker assisted breeding" avec 4 partenaires (voir page 44)
- RESGEN CT 96/97 "Conservation, caractérisation, collecte et utilisation des ressources génétiques de l'olivier" avec 5 partenaires (voir page 14)
- "Olive Track" 2003 sur la traçabilité de l'huile d'olive avec 14 partenaires (voir encadré note 2 page 41).


Photo : ©Office du tourisme du Pays de Nyons - A. Dujardin

Les auteurs

À l'INRA

- *Thierry Améglio*, UMR 547 Physiologie intégrée de l'Arbre fruitier et forestier PIAF INRA-univ. Clermont II, INRA Site de Crouël, 234 avenue du Brézet, 63100 Clermont-Ferrand • Thierry.Ameglio@clermont.inra.fr
- *André Bervillé*, UMR 1097 Diversité et Adaptation des Plantes cultivées DIAPC INRA-Montpellier SupAgro-IRD, INRA Domaine de Melgueil, 34130 Mauguio - INRA 2 place Viala 34060 Montpellier cedex 1 • Andre.Berville@ensam.inra.fr
- *Michel Chauvet*, INRA laboratoire Nutrition humaine et Athérogénèse, Montpellier - mis à disposition d'Agropolis - Museum 951 Agropolis 34394 Montpellier cedex 5 université Montpellier 1 • chauvet@supagro.inra.fr
- *Véronique Coxam*, UMR 1019 Nutrition humaine UNH INRA-univ. Clermont 1, INRA site de Theix 63122 Saint-Genès-Champanelle • Véronique.Coxam@clermont.inra.fr
- *Françoise Dosba, Gilbert Garcia, Nathalie Moutier, Philippe Chatelet, Véronique Ripetti*, UMR 1098 Développement et amélioration des Plantes DAP, INRA-CIRAD-IRD-Montpellier SupAgro. Equipe Architecture, fonctionnement des espèces fruitières. 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 1 • dosbaf@supagro.inra.fr ; moutier@supagro.inra.fr
- *Bouchaïb Khadari*, UMR 1098 Développement et amélioration des Plantes DAP, INRA, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 1 & Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles, les hameaux agricoles, 83 400 Porquerolles • khadari@supagro.inra.fr
- *Claude Louis Léger*, EA laboratoire Nutrition Humaine et Athérogénèse, Institut de Biologie, faculté de Médecine UM1, 4 bd Henri IV, 34960 Montpellier cedex 02 • leger@univ-montp1.fr
- *Marie-Claude Lemoine*, UME 1011 Prédéveloppemnt *in vitro* Agri Obtentions, 17 rue Sully BP 86510, 21065 Dijon cedex • marie-claude.lemoine@dijon.inra.fr
- *Laurence Lesage-Meessen*, Procédé d'extraction de l'hydroxytyrosol ESIL - Luminy case 925, 13288 Marseille cedex 09 • laurence.lesage-meessen@esil.univmed.fr
- *Jean-Claude Malausa*, UE1254 Lutte biologique ULB, INRA 1382 route de Biot 06560 Valbonne • Jean-Claude.Malausa@sophia.inra.fr
- *Amédée Mollard*, Unité Programmes pour et sur le développement régional, INRA-univ. Pierre Mendès-France Grenoble II, GAEL, Grenoble BP 47, 38040 Grenoble cedex 9 • amedee.mollard@grenoble.inra.fr
- *André Zoulalian*, UMR1093 Étude et recherche sur le matériau bois LERMAB INRA-ENGREF-univ. Nancy I, université Henri Poincaré Nancy I, faculté des Sciences, bld des Aiguillettes BP 239 54506 Vandœuvre-Lès-Nancy cedex • andre.zoulalian@lermab.uhp-nancy.fr

Hors INRA

- *Liliane Berti, Jacques Maury, Claude Gambotti, Jean Giannettini, Jean Panighi, Virginie Bronzini de Caraffa, Vanina Lorenzi, Cynthia Palmieri*, laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire du Végétal, UMR CNRS 6134, université de Corse, FST, quartier Grossetti, BP 52, 20250 Corte
- *Guillaume Besnard*, UNIL, Biophore, département d'Écologie et d'Évolution, 1015 Lausanne - Suisse • Guillaume.Besnard@unil.ch
- *Catherine Breton, Christian Pinatel*, AFIDOL Maison des Agriculteurs, 22 avenue Henri Pontier, 13626 Aix-en-Provence cedex 1
- *Michel Calleja*, Domaine de la Valette, 900 rue Jean-François Breton, 34090 Montpellier
- *Pierre Cour*, CNRS, retraité
- *Remi Coutin*, Office pour l'information éco-entomologique (OPIE) La Minière, BP 30, 78041 Guyancourt cedex, France
- *R. De la Torre*, Institut municipal d'investigations médicales, Barcelone, Espagne
- *M. Ismaili-Alaoui*, laboratoire des bioconversions, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, BP 6202, Rabat, Maroc
- *Bernard Poinso*, ENSA-M 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 1
- *Sevastianos Roussos*, IRD unité R-185 Biotrans, Institut Méditerranéen d'Écologie et de Paléoécologie, FST St Jérôme - Boîte 441 université Paul Cézanne, 13397 Marseille cedex 20 • s.roussos@univ-cezanne.fr
- *Pierre Villemur*, professeur honoraire, retraité, AGRO-M, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 1 et 50 rue du Vieil Acqueduc, 34090 Montpellier

Pour en savoir plus

- Abbé Rozier, 1786. Olivier - *Cours complet d'agriculture*. T. VII p. 189 et suivantes
- Amoreux P.J., 1784. *Traité de l'olivier.* Chez la veuve Gontier, Montpellier. 360 p.
- Amouretti M.C., Comet G., 1985. *Le livre de l'olivier.* EDISUD, Aix-en-Provence. 174 p.
- Argenson C., Régis S., Jourdain J.M., Vaysse P., 1999. *L'olivier.* Éd. Ctifl. 204 p.
- Besnard G. et Bervillé A. 2005. *Les Origines de l'Olivier (Olea europaea L.) et des oléastres.* Éd AITAE, AEP, centre d'anthropologie ARchéo-Plantes Hommes et plantes de la préhistoire à nos jours. Coll dirigée par P. Marinval, Modernité archéologique d'un arbre millénaire l'olivier.
- Bompard J.P., 1842. *Abrégé sur la culture de l'olivier* - Tableau synoptique indiquant la culture particulière de 111 variétés. Éd. H. Bernard, Draguignan. 39 p.
- Bonnadier J., Pacini J. *Fleurs d'olivier. Une anthologie poétique et littéraire*, Éditions A. Barthélémy, Avignon, 2004, 192 p.
- Brosse J. *La magie des plantes.* coll. Espaces libres. Éd. Albin Michel Paris. 313 p.
- Champollion J.F. *Panthéon égyptien*, Interlivres, Tours Mame imprimerie.
- Conseil Oléicole International, 2000. *Catalogue mondial des variétés d'olivier.* Éd. COI, Madrid. 360 p.
- Estin C., Laporte H., 1994. *L e livre de la mythologie grecque et romaine.* Éd. Gallimard, coll. Découverte Cadet Paris.
- Loussert R., Brousse G., 1978. *L'olivier.* Éditions Maisonneuve et Larose. 465 p.
- Moreaux S., 1997. *L'olivier.* Éd. Actes Sud, coll. le nom de l'arbre, 96 p.
- Moutier N., Pinatel C., Martre A., Roger J.P., Khadari B., Burgevin J.F., Ollivier D., Artaud J., 2004. *Identification et caractérisation des variétés d'olivier cultivées en France* - tome 1. Naturalia publications, 248 p.



Responsables scientifiques du dossier : Françoise Dosba et André Bervillé
Coordinateur : Denise Grail • Secrétariat d'édition : Frédérique Chabrol - chabrol@paris.inra.fr
Conception et réalisation : Pascale Inzerillo - piz@paris.inra.fr • Photothèque INRA
Principaux photographes INRA et hors INRA : Jean-Paul Roger, Daniel Renou, Remi Coutin, Christophe Maître, Sevastianos Roussos.
Organismes extérieurs : IRD, RMN, BNF, Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles, Deyrolle, Institut du monde de l'olivier AFIDOL, Office du tourisme du pays de Nyons, Office du tourisme des Baux, Pépinières Lafond, Coopérative La Cravenco, National Gallery of Scotland

1ère et 4ème de couverture : Nadine Bertrand. Photos hémisphériques prises sous la canopée.
Ces images sont ensuite traitées par un logiciel qui calcule la proportion de ciel par rapport à la végétation suivant différents angles... ; cela permet d'estimer des variables caractéristiques sur la structure du couvert d'olivier comme un indice foliaire global à l'échelle de la parcelle (ou LAI: leaf area index) qui est ensuite ajouté à d'autres informations similaires recueillies sur d'autres cultures et utilisé dans divers autres modèles pour comprendre le fonctionnement du paysage.

INRA, Mission communication, 147 rue de l'Université, 75338 Paris Cedex 07. Tél : 01 42 75 90 00.
Imprimeur : Graph 2000 / Vercingétorix ISSN 1156-1653 Numéro de CPPAP : 0106 B 07468